4e Année — N° 20 — Avril 1937

# ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

## SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.

L'orage du 30 avril 1936 à Fort-Lamy (A. E. F.).

Série de Fourier et combinaisons linéaires d'ordonnées (Rappel de quelques formules).

Observations météorologiques en avion à la Martinique.

Rareté des courants ascendants à Majunga (Madagascar).

Conditions météorologiques favorables à l'installation d'un observatoire astronomique national dans l'hémisphère sud.

Notes et informations.

Bibliographie.

PARIS Ve

LAROSE ÉDITEUR

11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

# ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL**

**(6 numéros)**

| | |
|---|---|
| FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . . | 50 francs. |
| ETRANGER . . . . . | 60 francs. |

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

| | |
|---|---|
| Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une. . . . . | 60 francs. |
| Prix du N° isolé de ces collections.. . . . . | 12 francs. |


Tous droits de reproduction réservés

**Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer** sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

**Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer** résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

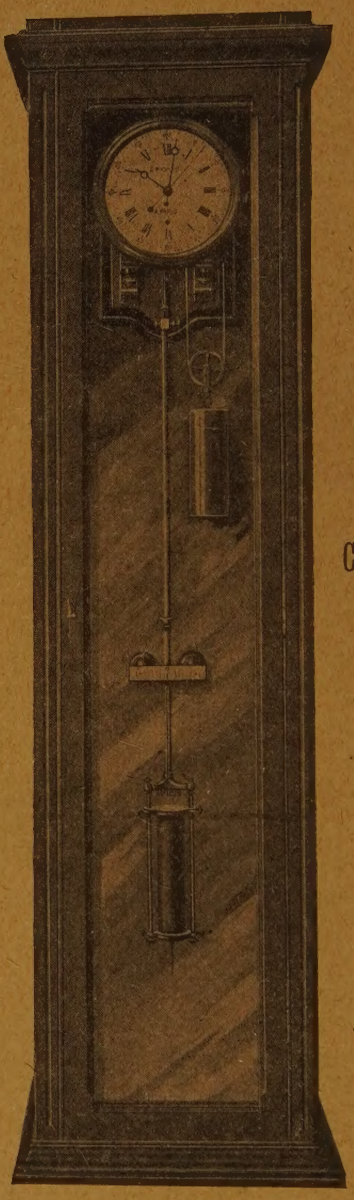
Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.


# J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS

Téléph. : Anjou 25-60



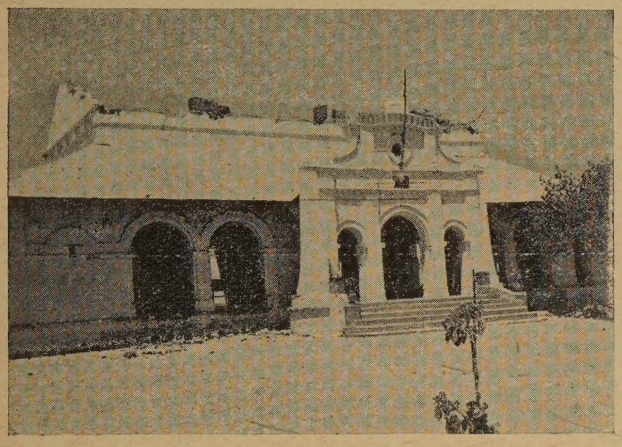
Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

# Description de l'orage du 30 avril 1936 à Fort-Lamy

Le 30 avril 1936, un orage violent a, de 16 heures à 17 h. 30 T. M. G., provoqué, à Fort-Lamy, des dégâts assez importants, sans toutefois causer de graves accidents de personnes parmi la population



Etat de la Mairie de Fort-Lamy après l'orage du 30 avril 1936

européenne. Voici les circonstances dans lesquelles cet orage s'est manifesté.

### Caractères généraux de la saison

Depuis le 16 avril, la mousson humide a envahi, en permanence, la région de Fort-Lamy ; son front nord s'est provisoirement stabilisé au voisinage de la ligne Ati-Abécher. C'est la situation caractéristique de la saison des pluies à Fort-Lamy.

Celle-ci est nettement en avance par rapport aux deux dernières années (où elle ne débutait que fin mai), mais semble marquer un retour à la normale si l'on se reporte aux années antérieures.

Depuis l'arrivée de la mousson, de nombreux et puissants cumulus se forment presque chaque jour au cours de l'après-midi ; plusieurs averses orageuses ont été déjà notées à la station.

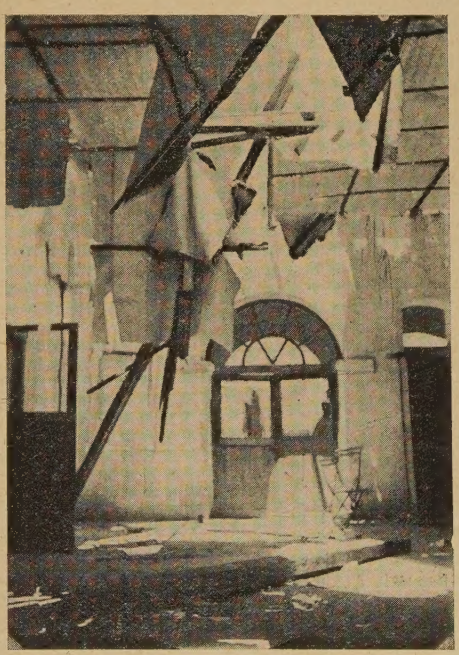
### Evolution du temps le 30 avril

A 0600 T. M. G., quelques cirro-cumulus, dernières traces des cumulus de la veille ; température : 25°5 ; tension de vapeur : 19mm,4 ; humidité relative : 80%.

Jusqu'à 1000 T. M. G., ciel clair ; vent au sol : calme ou secteur S.-W. faible. Un sondage exécuté à 0845 T. M. G. permet de déterminer les courants ci-dessous :

200 à 1.000 m. W.-S.-W. 4 m/seconde
1.000 à 1.600 m. W. 4 m/seconde
1.700 à 2.400 m. N.-W. à N.-E. 1 à 2 m/seconde
2.500 à 3.500 m. E.-N.-E. 9 m/s. et, probablement, au delà jusqu'à 6.000

Donc : mousson au sol, courant général d'Est en altitude, séparés par une zone de passage pratiquement calme, d'un développement de 700 mètres. Le graphique de dépouillement *ne présente pas*, à la limite des deux courants principaux, le point de rebroussement qui caractérise en général les situations orageuses. (Ce point de rebroussement serait probablement apparu dans un sondage exécuté en fin de matinée.)



Etat de l'intérieur de la Mairie de Fort-Lamy après l'orage du 30 avril 1936

A 1100 T. M. G., les premiers cumulus commencent à se former (3/10). A ce moment, la température atteint 38°; tension de vapeur : 14 mm,2; humidité relative : 30%.

A 1400 T. M. G., 6/10 de cumulus puissants ; tonnerre au lointain. Une masse particulièrement bourgeonnante, à base de couleur gris ardoise, se différencie nettement à l'E.-N.-E. La température atteint son maximum : 41°.

A 1500 T. M. G., situation analogue ; le tonnerre persiste.

A 1600 T. M. G., la masse puissante déjà observée est voisine du zénith, et un peu au N.-E. de la station ; base très sombre, plombée, nettement dessinée, sous laquelle ne se distingue encore aucun virga ; derrière cette masse, nuages en gros rouleaux ayant l'apparence de stratocumulus bas et denses. Des parties d'altostratus se détachent de la masse bourgeonnante dont le sommet n'est plus visible ; il semble cependant qu'il s'agisse toujours de Cumulus et non de cumulonimbus, aucune formation cirriforme appréciable n'ayant pu, à aucun moment, être observée (1). Température 39°5 ; humidité 15% ; vent au sol N.-E. faible.

1605 : T. M. G. premières gouttes de pluies, larges et peu nombreuses ; rafales du secteur N.-E.

La pluie augmente progressivement de densité, les rafales, encore courtes, se font plus brutales.

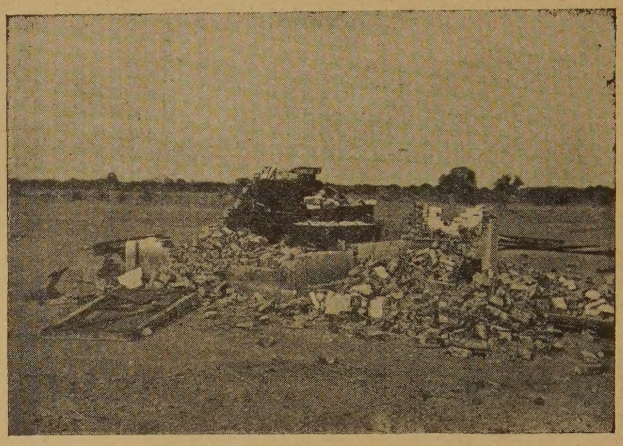
A 1640 T. M. G., l'averse tombe avec violence, le vent atteint une vitesse mesurée de 18 m/seconde (direction N.-E. à N.-N.-E.). Le soleil couchant, de teinte blafarde, reste visible comme à travers un verre dépoli ; le ciel reste donc dépouillé à l'Ouest, et l'averse ne s'étend sans aucun doute que sur une aire très restreinte.

Vers 1650 T. M. G., le vent, maintenant N.-N.-E., redouble de violence (aucune mesure n'est plus possible à l'anémomètre à main, car l'observateur est contraint de se réfugier sous l'abri d'observation pour éviter d'être renversé, et heurté par les objets qu'entraîne le vent). *On peut estimer que, pendant* 10 *minutes environ, le vent atteint une vitesse voisine de* 150 *kilomètres-heure, et à peu près uniforme, sans rafales.*

(1) Nous nous référons à la définition nouvelle de l'Atlas international des Nuages, d'après laquelle le cumulonimbus est une masse puissante, etc., dont la partie supérieure est de texture fibreuse et s'étale parfois en forme d'enclume.

Les manuels de l'O. N. M. précisent que des masses cumuliformes si puissantes soient-elles et quel que soit leur développement vertical, ne doivent être appelées cumulonimbus que si tout ou partie des sommets est transformé ou en train de se transformer en masse cirreuse ; c'est le fait qu'il n'a été observé aucune trace de glaciation, que nous avons voulu mettre en évidence.

L'accalmie s'établit ensuite progressivement ; à 1725 T. M. G. la pluie cesse ; le vent devient faible tout en conservant la direction N. à N.-N.-E. La chute de pluie a atteint 38 millimètres.



Constructions à Fort-Lamy après l'orage du 30 avril 1936

*Valeurs enregistrées.* — La température était de 39°5 à 1600 T. M. G. ; dès le début de l'averse elle est tombée à 20°, en même temps que l'humidité relative passait de 15% à 93%.

Le baromètre, qui n'avait enregistré jusqu'alors que les variations normales de la marée barométrique, accuse un crochet positif de 2 millimètres.

Aussitôt après la fin de l'orage, la température remonte à 29°, l'humidité relative devient voisine de 25% (voir graphiques p. 45).

Il est à remarquer que, pour les trois éléments enregistrés (température, humidité, pression), et si l'on fait abstraction des 90 minutes d'orage, les graphiques représentent très fidèlement les variations normales journalières, aussi bien après le passage de la perturbation qu'avant. Les crochets n'y représentent que des accidents rigoureusement limités au passage orageux.

## Conclusions

Ce grain orageux, dont les manifestations sont restées assez étroitement localisées, semble avoir une origine exclusivement thermique ; la masse nuageuse qui l'a provoqué s'est formée par échauffement du sol suivi de détente adiabatique, comme tous ceux qui, chaque jour, en saison des pluies, évoluent normalement à partir de midi.

La trajectoire suivie a été E.-N.-E.–W.-S.-W., conforme à la direction, mesurée le matin, du courant général d'E. et le centre de la masse est vrai-

semblablement passé un peu au nord de Fort-Lamy ; le vent au sol, au cours de l'orage, a toujours semblé provenir de ce centre ; aucun mouvement tourbillonnaire n'a été observé.

Les manifestations électriques se sont limitées à des roulements de tonnerre assez sourds.

S'il était facile de prévoir, dès 13 heures, qu'une importante averse orageuse intéresserait la station dans la soirée, rien ne faisait prévoir, jusqu'au dernier moment, sa violence destructrice. Seule, peut-être, l'écoute des parasites atmosphériques aurait pu donner un avertissement précieux ; il serait intéressant qu'un appareillage de ce genre, dont l'installation est déjà commencée, puisse être mis prochainement en service à la station.

Jean GOUAULT,
*Ingénieur-météorologiste des Colonies,*
*Fort-Lamy (A. E. F.).*

# Série de Fourier et combinaisons linéaires d'ordonnées
## Rappel de quelques formules

Dans un précédent article, on a rappelé le principe d'analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées et on a comparé, avec cette méthode, celle des moyennes dans l'étude des variations diurnes (1). Nous nous proposons de compléter cet exposé par une comparaison de la méthode des combinaisons avec les procédés classiques des moyennes mobiles et de la série de Fourier.

On sait que la méthode d'analyse (2) par des combinaisons sélectives d'ordonnées équivaut à la substitution, à chaque ordonnée $y_0$ du graphique, d'une somme

$$R_m = \sum_{\mu=-m}^{\mu=m} K_\mu y_\mu$$

faisant intervenir les produits de $2m+1$ ordonnées successives équidistantes par des coefficients K convenablement choisis pour isoler avec l'approximation désirée une composante élémentaire. La période de cette composante est lue directement sur le graphique résultant, obtenu en progressant le long du graphique initial comme il a été dit.

La comparaison entre cette méthode et les autres peut être faite aux deux points de vue suivants :

1° La période de la composante isolée étant lue directement sur le graphique résultant, le procédé de calcul différencie la méthode précédente des méthodes de moyennes et de l'analyse en série de Fourier, dans lesquelles on se donne *a priori* et sans moyen de contrôle la période de la composante à extraire, tandis qu'il s'apparente au procédé des moyennes mobiles.

2° Il se distingue des moyennes mobiles par l'existence des coefficients K et de l'analyse en série de Fourier par le choix de ces coefficients et par la sélectivité qui en découle.

C'est ce dernier point de vue que nous allons développer.

On peut définir $R_m$ à l'aide d'une notation plus générale que celle donnée ci-dessus, ne supposant rien sur la parité du nombre total d'ordonnées, en posant $m = \frac{M-1}{2}$ $\left(m = \text{multiple de } \frac{1}{2}\right)$.

On a

$$R_m = \sum_{\mu=1}^{\mu=M} K_\mu y_\mu \qquad (1)$$

où la valeur $R_m$ correspond au milieu de l'intervalle $(x_1, x_M)$, c'est-à-dire à l'abscisse $x_{\frac{M+1}{2}}$.

On démontre que l'effet d'une combinaison (1) sur l'une des sinusoïdes composantes du graphique

$$y = A \sin(\theta x + \Phi)$$

est de transformer celle-ci en une sinusoïde

$$R_m = A \sum_{\mu=1}^{\mu=M} K_\mu \sin[\theta x_1 + \Phi + (\mu - 1)\theta]$$

(1) Comparaison de la méthode des moyennes avec celle des combinaisons linéaires dans l'étude des variations diurnes, *Ann. de Phys. du Globe de la France d'outre-mer*, 2e année, N° 12, déc. 1935, p. 188.

(2) C. R. du 69e Congrès des Sociétés savantes, 1935, p. 205.

de même période, mais d'amplitude et de phase différente. Elle devient en phase si les coefficients $K_1$ ... $K_M$ sont symétriques par rapport au milieu de l'intervalle, tandis qu'elle est déphasée de $\frac{\pi}{2}$ si ces coefficients sont deux à deux égaux en valeur absolue, mais de signes contraires ($K_M = -K_1$, etc.).

Rappelons dans le tableau qui suit quelques résultats fondamentaux se rapportant à des types particuliers de combinaisons et donnons les facteurs d'amplitude correspondants. Les notations employées dans ce tableau sont celles qui ont été données dans le numéro de décembre 1935.

**Résultats de quelques combinaisons sur la sinusoïde $y = A \sin(\theta x + \Phi)$**

| Combinaisons | Résultats | Facteurs d'amplitude |
|---|---|---|
| | *A.* — Combinaisons élémentaires | |
| Simples d'addition<br>$Y_m = y_1 + y_M$<br>(avec $M = 2m + 1$) | $Y_m = \alpha_m A \sin\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ | $\alpha_m = 2 \cos \frac{M-1}{2}\theta$<br>$\left(\text{avec } \theta = \frac{2\pi}{n}\right)$ |
| Simples de différence<br>$Z_m = \pm (y_M - y_1)$ | $Z_m = \pm \beta_m A \cos\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ | $\beta_m = 2 \sin \frac{M-1}{2}\theta$ |
| Complexes d'addition<br>$s_m = y_1 + y_2 + \ldots + y_M$ | $s_m = \sigma_m A \sin\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ | $\sigma_m = \dfrac{\sin \frac{M\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$ (2) |
| D'ordonnées espacées<br>$(s_m)_N = y_N + y_{2N} + \ldots + y_{MN}$ | $(s_m)_N = (\sigma_m)_N A \sin\left(\theta x_{\frac{(M+1)N}{2}} + \Phi\right)$ | $(\sigma_m)_N = \dfrac{\sin \frac{MN\theta}{2}}{\sin \frac{N\theta}{2}}$ (3) |
| Complexes de différence<br>$T_m = Z_m + Z_{m-1} + \ldots$ | $T_m = \tau_m A \cos\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ | $\tau_m = 2 \dfrac{\sin \frac{M-1}{2}\frac{\theta}{2} \sin \frac{M+1}{2}\frac{\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$ |
| | *B.* — Combinaisons résultantes | |
| Résultante<br>$R_m = \sum_{\mu=1}^{\mu=M} K_\mu y_\mu$<br>avec<br>$K_\mu = \frac{1}{\pi}\int_{\theta_0-\varepsilon_1}^{\theta_0+\varepsilon_1} \rho_m \cos \mu\theta \, d\theta$ (4) | $R_m = \rho_m A \sin\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ | $\rho_m = (K_1 + K_M) \cos \frac{M-1}{2}\theta$<br>$+ (K_2 + K_{M-1}) \cos \frac{M-3}{2}\theta$<br>$+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$<br>(avec $K_M = K_1$, $K_{M-1} = K_2, \ldots$) |
| | *C.* — Série de Fourier | |
| Combinaison<br>$F_m = \sum_1^M y_\mu \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0$ (5)<br>$\left(\text{avec } \theta_0 = \frac{2p\pi}{M}\right)$ | $F_m = \varphi_m A \sin\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ (6) | $\varphi_m = \frac{1}{2}\left(\dfrac{\sin M\frac{\theta+\theta_0}{2}}{\sin\frac{\theta+\theta_0}{2}} + \dfrac{\sin M\frac{\theta-\theta_0}{2}}{\sin\frac{\theta-\theta_0}{2}}\right)$ (7)<br>ou<br>$\varphi_m = \pm\frac{1}{2}\sin\frac{M\theta}{2}\left(\dfrac{1}{\sin\frac{\theta+\theta_0}{2}} + \dfrac{1}{\sin\frac{\theta-\theta_0}{2}}\right)$ (8) |

| Combinaisons | Résultats | Facteurs d'amplitude |
|---|---|---|
| Cas particuliers | $a)\ \sum_1^M A \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = 0$ (9) | |
| | $b)\ \sum_1^M A \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = A\,\varphi_m$ (10) | |
| | $c)\ \sum_1^M A \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\frac{2q\pi}{M} \cdot \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = o$ (11) | |
| | $d)\ \sum_1^M A \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 \cdot \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = \frac{AM}{2}$ (12) | |
| Combinaison $G_m = \sum_1^M y_\mu \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0$ (13) $\left(\text{avec } \theta_0 = \frac{2p\pi}{M}\right)$ | $G_m = \gamma_m A \cos\left(\theta x_{\frac{M+1}{2}} + \Phi\right)$ (14) | $\gamma_u = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin M\frac{\theta-\theta_0}{2}}{\sin\frac{\theta-\theta_0}{2}} - \frac{\sin M\frac{\theta+\theta_0}{2}}{\sin\frac{\theta+\theta_0}{2}}\right)$ (15) ou $\gamma_m = \pm\frac{1}{2}\sin\frac{M\theta}{2}\left(\frac{1}{\sin\frac{\theta-\theta_0}{2}} - \frac{1}{\sin\frac{\theta+\theta_0}{2}}\right)$ (16) |
| Cas particuliers | $e)\ \sum_1^M A \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = o$ (17) | |
| | $f)\ \sum_1^M A \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = A\,\gamma_m$ (18) | |
| | $g)\ \sum_1^M A \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\frac{2q\pi}{m} \cdot \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = o$ (19) | |
| | $h)\ \sum_1^M A \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 \cdot \sin\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta_0 = \frac{AM}{2}$ (20) | |

Formation de $X = \frac{2}{M}\sqrt{F_m^2 + G_m^2}$

$$X = \frac{A}{M}\sin\frac{M\theta}{2}\left[\frac{1}{\sin^2\frac{\theta+\theta_0}{2}} + \frac{1}{\sin^2\frac{\theta-\theta_0}{2}} - \frac{2\cos 2\Phi}{\sin\frac{\theta+\theta_0}{2}\sin\frac{\theta-\theta_0}{2}}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

A. Combinaisons élémentaires. — Nous ne retiendrons que les formules (2) et (3) du tableau.

*Moyennes et moyennes mobiles.* — On a déjà indiqué dans l'article mentionné qu'une moyenne n'est qu'un cas particulier de combinaison linéaire. La formule (2) donne le facteur d'amplitude correspondant soit aux moyennes (diurnes, mensuelles, annuelles), soit aux moyennes mobiles (ou nombres arrondis) utilisés en physique du globe (1).

A titre d'exemple, on a tracé (fig. 1, p. 45) la courbe représentant le facteur d'amplitude $\sigma_7$ en fonction de $n=\frac{2\pi}{\theta}$ et celle du facteur $\sigma_3\,\sigma_4$ de la combinaison $s_3\,s_4$ utilisant le même nombre de données que $s_7$. La comparaison des deux courbes montre que les moyennes diminuent l'importance des composantes de petite période, mais ne les rendent pas négligeables comme le fait une combinaison II ($s$).

Quant aux diverses *moyennes horaires* (mensuelles, annuelles,....) qui sont des combinaisons d'ordonnées espacées, elles ont déjà été étudiées (2) et comparées à des combinaisons II $(s_m)_{\frac{N}{2}}$ ; leur facteur d'amplitude est donné par (3).

Les *variations annuelles normales* sont obtenues en associant à des combinaisons $s_m$ des combinaisons $(s_\rho)_N$ et les résultats dépendent du facteur $\sigma_m\,(\sigma_\rho)_N$.

B. Combinaisons résultantes. — Une combinaison (1) est dite sélective si son facteur d'amplitude $\rho_m$ est grand dans un certain intervalle, de $\theta_0-\varepsilon_1$ à $\theta_0+\varepsilon_1$, et reste faible pour toutes les valeurs de $\theta$ extérieures à cet intervalle et comprises entre 0 et $\pi$.

On démontre que, dans ces conditions, les coefficients K se placent sur une courbe affectant la forme d'un groupe (3) dont la pseudo-période est égale à la période privilégiée $\left(n_0=\frac{2\pi}{\theta_0}\right)$ et que la largeur de la courbe de sélectivité varie à peu près en raison inverse de M. La courbe de sélectivité représentée dans la figure 2 (p. 46) (courbe VII) et la courbe correspondante des K (courbe VII *bis*), qui illustrent ces propriétés, concernent la combinaison $S_1S_2Z_2Z_3\,(s_2s_3)_{\frac{12}{2}}$.

On sait (1) qu'on peut réaliser approximativement un tel groupe à l'aide de la somme d'un petit nombre de sinusoïdes.

C. Série de Fourier. — Dans le cas où la courbe des K se réduirait à une seule sinusoïde, définie dans le même intervalle (1, M) par l'une des formules

$$K_\mu = cos\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\theta_0 \qquad \text{avec } \theta_0=\frac{2p\pi}{M} \tag{22}$$

ou

$$K_\mu = sin\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\theta_0 \tag{23}$$

la combinaison (1) se réduirait à un facteur près à l'une des formules donnant les amplitudes des harmoniques d'ordre $p$

$$a_p = \frac{2}{M}\sum_1^M y_\mu\, cos\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\frac{2p\pi}{M} \tag{24}$$

ou

$$b_p = \frac{2}{M}\sum_1^M y_\mu\, sin\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\frac{2p\pi}{M} \tag{25}$$

du développement en série de Fourier de $y$ :

$$\begin{aligned} y_\mu = {} & a_1\, cos\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\frac{2\pi}{M}+\dots. \\ & + a_p\, cos\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)p\,\frac{2\pi}{M}+\dots. \\ & + b_1\, sin\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)\frac{2\pi}{M}+\dots. \\ & + b_p\, sin\left(\mu-\frac{M+1}{2}\right)p\,\frac{2\pi}{M}+\dots. \end{aligned} \tag{26}$$

Les combinaisons $F_m$ et $G_m$ mentionnées dans le tableau en (5) et (13) sont définies à l'aide de (22) et de (23). Les facteurs d'amplitude correspondants $\varphi_m$ et $\gamma_m$ sont donnés par (8) et (16) si $\theta$ est différent de $\theta_0$ et ont pour valeur commune $\varphi_m=\gamma_m=\frac{M}{2}$, si $\theta=\theta_0$, comme on le voit facilement d'après (7) et (15). Ils s'annulent, d'après (8) et (16), en même temps que $\sin\frac{M\theta}{2}$, c'est-à-dire pour tous les harmoniques de M $\left(\text{form. } \theta=p\,\frac{2\pi}{M}\right)$.

Remarquons que lorsque la phase prend la valeur particulière

$$\Phi = -\theta\,\underset{\frac{M+1}{2}}{x},$$

(1) Une formule analogue a été donnée par A. Schuster (*Terr. Magnetism*, vol. III, 1898, p. 13) qui, au lieu de prendre un nombre fini de valeurs de $\mu$, considère l'intégrale $\frac{1}{2\xi}\int_{x-\xi}^{x+\xi} cos\,\theta x\,dx = \frac{sin\,\theta\xi}{\theta\xi}\,cos\,\theta x$.

(2) *Ann. de Phys. du Globe de la France d'outre-mer*, N° 12, déc. 1935, figure p. 182.

(3) Formule (4) du tableau. Le mot « groupe » a le même sens que dans la théorie de la dispersion.

(1) Voir C. R. du 69e Congrès des Sociétés savantes, 1935.

on a $F_m = o$ et $G_m = A\gamma_m$, d'où les relations (9), (18), (19) et (20).

Lorsque la phase prend la valeur

$$\Phi = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{\frac{M+1}{2}}$$

on a $F_m = A\varphi_m$ et $G_m = o$, d'où les relations (10), (11), (12) et (17).

1° Ces diverses formules permettent de vérifier facilement les expressions (24) et (25) ; par exemple, si l'on développe (24) en remplaçant $y_\mu$ par sa valeur (26), tous les termes de la somme sont nuls d'après (9) et (11) sauf le terme

$$\Sigma\, a_p \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right) p\,\frac{2\pi}{M} \cos\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right) p\,\frac{2\pi}{M}$$

qui est égal à $a_p \frac{M}{2}$ d'après (12).

Des valeurs de $a_p$ et de $b_p$ on déduit, comme on sait, l'amplitude $A_p$ et la phase $\Phi_p$ de la composante $A_p \sin\left[\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\mu\,\frac{2\pi}{M} + \Phi_p\right]$ d'ordre $p$ :

$$A = \sqrt{a_p^2 + b_p^2} \quad , \quad tg\,\Phi_p = \frac{a_p}{b_p} \quad .$$

2° Cas d'une sinusoïde qui n'est pas un harmonique de la période M.

Examinons le résultat des formules (24) et (25) appliquées à une sinusoïde de période quelconque

$$y_\mu = A \sin\left[\left(\mu - \frac{M+1}{2}\right)\theta + \Phi\right] .$$

D'après (6) et (14), les valeurs obtenues pour $a_p$ et $b_p$ sont

$$a_p = \frac{2A}{M}\,\varphi_m \sin\Phi$$

$$b_p = \frac{2A}{M}\,\gamma_m \cos\Phi .$$

Si l'on forme la quantité $X = \sqrt{a_p^2 + b_p^2}$, on obtient l'expression (21) du tableau. La valeur attribuée à l'amplitude par cette méthode varie donc avec la phase $\Phi$ de la sinusoïde.

La discussion des cas simples

$$X_1 = \frac{2A}{M}\,\varphi_m \quad \text{et} \quad X_2 = \frac{2A}{M}\,\gamma_m$$

correspondant aux phases particulières

$$\Phi_1 = \frac{\pi}{2} \quad \text{et} \quad \Phi_2 = 0$$

se ramènent à l'étude des facteurs d'amplitude $\varphi_m$ et $\gamma_m$.

Comme on l'a vu plus haut, $\varphi_m$ et $\gamma_m$ s'annulent pour tous les harmoniques de M $\left(\text{form. } \theta = p\,\frac{2\pi}{M}\right)$, sauf lorsque $\theta = \theta_0$, cas pour lequel $\varphi_m$ et $\gamma_m$ ont pour valeur commune $\frac{M}{2}$. La largeur de la boucle principale est donnée par $2\varepsilon_1 = \frac{4\pi}{M}$ et varie en raison inverse de M.

La figure 2 représente les valeurs de $\varphi_m$ et $\gamma_m$ en fonction de $\theta$, pour $\theta_0 = \frac{2\pi}{12}$ et pour diverses valeurs de M satisfaisant à la condition $\theta_0 = \frac{2p\pi}{M}$ (1), ainsi que les courbes des coefficients K (courbes *bis*). Les courbes I et II correspondent à M = 12 (courbes pointillées) et à M = 24 (courbes en traits interrompus) ; les courbes III et IV se rapportent à M = 72, V et VI à M = 84. Les enveloppes de ces dernières courbes ont également été tracées.

A titre de comparaison, on a reproduit (courbes I et II, traits pleins) la courbe de sélectivité de la combinaison $S_1 S_2 Z_2 Z_3$ qui porte sur 17 points et (courbe VII) celle de la combinaison $S_1 S_2 Z_2 Z_3 \overline{(s_2\, s_3)}_{\frac{12}{2}}$ qui porte sur 77 points. Le choix de M=12 et M=24, d'une part, et de M=72 et M=84, d'autre part, a été fait de manière à encadrer les valeurs respectives de M=17 et M=77 relatives aux combinaisons sélectives et faciliter ainsi la comparaison des sélectivités. On peut voir que les combinaisons sélectives réalisent mieux la condition de supprimer pratiquement toutes les composantes périodiques en dehors de l'intervalle $\theta_0 - \varepsilon_1$, $\theta_0 + \varepsilon_1$.

3° Cas général. Les graphiques précédents permettent de se rendre compte des résultats obtenus soit par l'analyse en série de Fourier, soit par l'emploi de combinaisons sélectives. Deux cas se présentent dans le calcul d'un terme de la série de Fourier, suivant que l'harmonique envisagé existe ou non. Dans la dernière éventualité, on introduit une fausse période et une amplitude qui dépend des composantes non harmoniques de l'intervalle M. Par l'emploi des combinaisons sélectives, on serait de suite averti de l'absence de la composante. Si l'harmonique calculée existe réellement, son amplitude et sa phase sont faussées par la présence de composantes étrangères, tandis que la méthode des combinaisons sélectives

(1) Pour rendre comparables toutes les courbes $\varphi_m$ et $\gamma_m$, on a porté en réalité les valeurs de $\frac{\varphi_m}{(\varphi_m)_{\text{Max.}}}$ et de $\frac{\gamma_m}{(\gamma_m)_{\text{Max.}}}$ ; chaque courbe des K est tracée à la même échelle que la courbe $\varphi$ ou $\gamma$ correspondante.

en donnerait généralement des valeurs plus exactes comme le montrent les courbes de sélectivité.

*Exemple numérique.* — Supposons qu'on développe en série de Fourier une courbe comprenant, en plus de la période 12 et de ses harmoniques, une composante étrangère de période $n = 5{,}1$ (ou $\theta = 70°{,}6$) d'amplitude A et de phase $\Phi = \frac{x_M + 1}{2}$ ; d'après les courbes I, on superpose ainsi à la composante réelle $n=12$ une sinusoïde de phase $\Phi$ et d'amplitude 0,30 A ou 0,15 A suivant que M=12 ou M=24. Comparons à ces résultats ceux de la combinaison $S_1S_2Z_2Z_3$ : elle introduirait dans la courbe résultante, à côté de $n = 12$, une composante résiduelle $n=5{,}1$ dont l'amplitude serait 0,06 A et un reste de l'harmonique $\theta = 150°$ d'amplitude 0,02 $A_5$.

Une composante étrangère de période $n=3{,}6$ (c.-à-d. $\theta = 100°$) donnerait respectivement 0,20 A, 0,10 A par la méthode de Fourier et 0,007 A par la combinaison $S_1S_2Z_2Z_3$, d'après les courbes I (1).

Remarquons d'ailleurs qu'il est possible d'améliorer le résultat d'une combinaison lorsque toutes les composantes ont été déterminées en première approximation : les résidus des autres composantes seront calculés en vraie grandeur et retranchés de la courbe obtenue.

*Conclusion.* — Du point de vue de la sélectivité l'analyse en série de Fourier apparaît, de même que les moyennes, comme un cas particulier des combinaisons linéaires d'ordonnées, quoiqu'elle s'en distingue essentiellement par la méthode de calcul, ainsi qu'on l'a indiqué. En général, la méthode des combinaisons donnera, pour un même intervalle M, une sélectivité supérieure à celle des formules de Fourier ; bien entendu, le développement en série trigonométrique permet une séparation rigoureuse des composantes présentes quand celles-ci se réduisent à des harmoniques, de même qu'une combinaison linéaire, choisie de manière à annuler toutes les composantes sauf une, est parfaitement sélective dans ce cas particulier.

Lorsqu'on fait croître l'intervalle M, la sélectivité des deux méthodes tend à devenir la même, la sinusoïde se confondant à la limite avec un groupe de même période apparente et de longueur infinie. Cette condition est pratiquement réalisée dans la méthode du périodogramme de Schuster appliquée à une longue série de données.

On doit toutefois remarquer que, lorsque l'intervalle M est grand par rapport à toutes les périodes présentes, la décomposition en série de Fourier ne donne que des valeurs moyennes si l'amplitude des composantes n'est pas constante. Si l'on veut suivre les variations d'amplitude le long d'un graphique, on est contraint de réduire l'intervalle employé et, d'après ce qu'on a vu, la méthode d'analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées avec coefficients K régis par une loi de groupe [formule (4)] devient alors plus avantageuse sous le rapport de la sélectivité ainsi que par la détermination des périodes réellement présentes au moyen de la progression le long des graphiques.

Rien n'empêcherait, bien entendu, d'appliquer cette méthode de progression à des combinaisons de la forme (5) ou (13), si ce n'est la longueur excessive des calculs. Les combinaisons sélectives $\Sigma K_\mu y_\mu$ de la forme (4) seraient aussi laborieuses à calculer directement à cause de la présence des coefficients K et de l'ignorance des régions intéressantes où se trouvent des composantes à extraire. Mais nous leur avons substitué, comme on sait, une méthode indirecte consistant à exécuter le calcul par étapes successives utilisant seulement des combinaisons élémentaires $\Sigma \pm y$ (sans coefficients K), dont l'ensemble équivaut à une combinaison sélective du type $\Sigma K_\mu y_\mu$. Quant à la manière de choisir la succession des combinaisons élémentaires, elle a fait l'objet d'autres publications auxquelles le lecteur est prié de se reporter (1).

H. LABROUSTE,
*Professeur à la Faculté des Sciences.*
Mme Y. LABROUSTE,
*Préparateur à l'Ecole des Hautes Etudes.*

(1) Les valeurs $\theta = 70°{,}6$ et $\theta = 100°$ ont été choisies parce qu'elles correspondent approximativement à un maximum secondaire dans les trois courbes de sélectivité.

(1) Par exemple : *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, mars et juin 1936. En principe, la méthode comprend d'abord l'utilisation de combinaisons peu sélectives permettant de transformer le graphique donné en « courbes de reconnaissance » et ensuite l'emploi de combinaisons plus sélectives lorsque les périodes apparaissent avec une régularité suffisante. Le choix des combinaisons se fixe par l'examen de différents types de courbes de sélectivité calculées d'avance.

# Observations météorologiques en avion à la Martinique

## COMPTE RENDU DE L'ASCENSION du 29 avril 1936 (1)

Depuis le 28, un cyclone s'est formé au nord de la Guadeloupe.

Le 29, à 16 heures T. M. G., le vent à la Martinique variait de l'Ouest au Sud-Ouest. La région des Petites Antilles était à cette heure traversée par une ligne de grains. L'ascension a eu lieu à 20 heures T. M. G. dans une atmosphère récente d'air froid d'origine subtropicale appartenant au secteur froid de la perturbation précitée.

*Description du ciel.* — Depuis le matin, ciel couvert avec bruine, vent du secteur E.-N.-E. Plafond à 600 mètres 10/10 par strato-cumulus étalés. A 16 h., grain avec stratocumulus très bas (200 m.). A partir de 19 heures, ciel couvert 7/10 par cumulus bourgeonnants venant du Sud. A 20 heures, cumulus de beau temps, même direction.

*Variation de la température.* — Le tableau ci-dessous donne la variation de la température :

| Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m | Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29°0 | —0,5 | 1.000 | 20°3 | —0,7 |
| 100 | 28°5 | —2,2 | 1.200 | 19°5 | —0,4 |
| 200 | 26°3 | —0,3 | 1.400 | 18°4 | —0,6 |
| 300 | 26°0 | —1,3 | 1.600 | 17°5 | —0,5 |
| 400 | 24°7 | —1,7 | 1.800 | 16°2 | —0,7 |
| 50– | 23°0 | —0,5 | 2.000 | 14°5 | —0,9 |
| 600 | 22°5 | —0,3 | 2.200 | 13°2 | —0,7 |
| 700 | 22°2 | —0,9 | 2.400 | 13°0 | —0,1 |
| 800 | 21°3 | —0,3 | 2.600 | 12°1 | —0,5 |
| 900 | 21°0 | | | | |

Le gradient moyen est voisin de 0°665.

La courbe détaillée de la variation est représentée sur le graphique de la page 49. Les irrégularités de la variation peuvent s'expliquer au voisinage du sol par l'influence directe de celui-ci. Les grosses irrégularités constatées en altitude pourraient peut-être être expliquées par la proximité des nuages qui ne formaient pas de couche continue.

*Nuages.* — Les photographies de la page ci-contre donnent l'aspect du ciel et celui de quelques nuages.

On peut distinguer les types suivants de nuages :

1° Cumulus en voie de dissociation ;
2° Cumulus type de beau temps stables ;
3° Cumulus évoluant vers le type cumulo-nimbus ;
4° Alto-cumulus plats.

Le premier type (nuage se dissociant) est caractérisé par son altitude peu élevée et par sa température élevée (même si la densité du nuage est importante). Cette température paraît souvent supérieure à la température ambiante.

Les cumulus stables sont plus élevés ; leur température est à peine plus basse que celle de l'air ambiant. Aucun remous n'a été observé à l'intérieur de ces nuages.

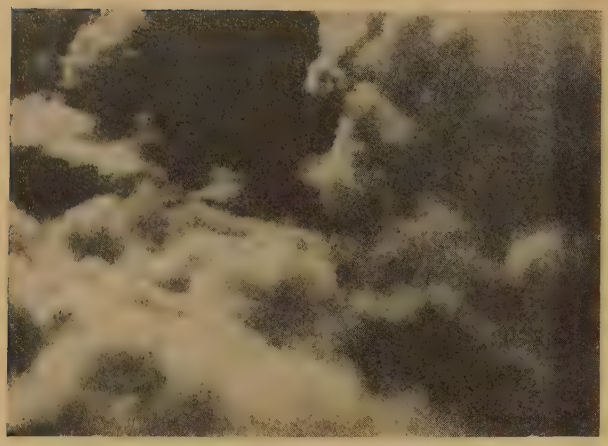
Les cumulus évoluant vers le type cumulo-nimbus ont une formation complexe. Base : strato-cumulus, corps : cumulus bourgeonnant atteignent 2.800 mètres en altitude. Plusieurs de ces nuages étaient accompagnés de pluies et de vent au sol. En altitude on constatait simplement une diminution non brusque de température, sensible déjà à 400 mètres du grain et une diminution de visibilité. Aucun remous particulier n'a été constaté au voisinage de ces nuages. (L'avion ne s'est rapproché d'aucun de ces grains à moins de 400 mètres.) Par contre, au-dessous d'autres nuages du même type mais moins évolués, on ressent des secousses plus ou moins fortes. A l'intérieur même de ces nuages il y a des secousses assez fortes mais qui semblent localisées. Il est probable que ces remous se produisent aux endroits qui délimitent les courants intérieurs du nuage. Il n'est pas possible de se prononcer sur le sens de ces courants.

Du point de vue thermique ces nuages se présentent comme une vaste poche froide provoquant une baisse du thermomètre pouvant atteindre 2° C. Dans les conditions du sondage aucun des nuages n'a évolué au-delà des stades décrits.

Enfin, en ce qui concerne les nuages lenticulaires (altocumulus plats), il semble qu'ils sont dus à une recondensation secondaire. En effet, on constate en altitude une certaine régularité de la distribution des cumulus en groupes ; au-dessus de la région la plus basse d'un groupe on trouve le plus souvent un nuage lenticulaire. On peut donc imaginer que l'évaporation des nuages emprunte de la chaleur à la couche située immédiatement au-dessus, emprunt qui

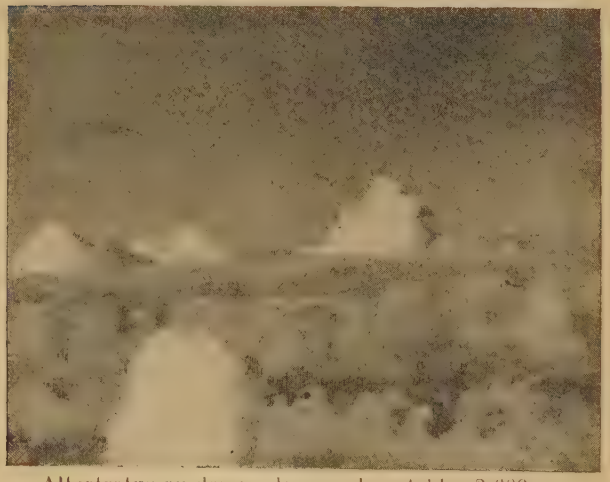
(1) Enseigne de vaisseau SAUTEREAU DU PART, pilote ; Ingénieur-adjoint météorologiste FROLOW, observateur.

Pour les figures se rapportant à cet article, voir pages 47 à 50.



Cumulus et fractocumulus. 1.000 m. Martinique
29 avril 1936

Sommets dépassant les nuages. 2.500 m. Martinique
29 avril 1936



Altostratus au-dessus de cumulus stables 2.600 m.
Martinique 29 avril 1936

conduit à la condensation dans cette couche. Ces manifestations localisées seraient-elles dues à l'influence du sol et de son relief ?

*Hygrométrie.* — Aucune mesure n'a pu être faite à défaut d'un appareil approprié.

Cependant, comme on constate une certaine régularité de la pente moyenne de la température, on peut essayer de voir quelle est l'origine des condensations observées. La tension de vapeur à 150 mètres était sensiblement de 20 mm. Les condensations pouvaient donc avoir lieu vers l'altitude caractérisée par 22° de température. Cette altitude se trouve atteinte vers 700 mètres. On y trouve effectivement des fractocumulus. Je suppose, par conséquent, que l'humidité absolue de l'air n'a pas varié jusqu'à cette altitude. Plus haut le jeu de la détente adiabatique compliqué des phénomènes particuliers aux masses nuageuses observées s'oppose à toute estimation de la tension de vapeur ; sauf dans la région où l'on a rencontré les alto-stratus en bancs. La température à ce niveau était voisine de 15°, il semblerait donc que la tension de vapeur dans cette couche était de 12 mm. environ.

*Vent.* — Le sondage de vent exécuté avec le sondage en avion indique un changement de courant vers 1.500 mètres. Rien de particulier n'a été observé à cette altitude. La différence de direction entre les deux courants n'étant pas grande, leurs propriétés physiques sont peut-être condondues dans la couche mitoyenne ; on est alors tenté d'attribuer à ces courants les propriétés suivantes :

Courant d'Est : diminution rapide de la température, donc stabilité verticale, forte humidité.

Courant du Sud-Est : gradient variable avec nombreuses inversions, donc courant instable avec mouvements verticaux. Compte tenu de son humidité et de son altitude, il apparaît comme un courant froid, donc anormal et probablement en liaison avec la dépression cyclonique située dans le Nord.

*Considération sur la nature des courants.* — Il n'est pas permis de tirer de conclusion d'ordre général des données fournies par un unique sondage. Cependant, la situation atmosphérique toute particulière au moment où l'ascension avait lieu, la présence d'un vent anormal en altitude et quelques heures auparavant au sol sont des facteurs qui obligent à attribuer un certain poids à cette expérience.

A l'extrême Sud d'une dépression marchant vers l'Ouest et dont le centre venait de dépasser la longitude du lieu d'observation on a trouvé des conditions

normales (courant équatorial) dans la couche voisine du sol. Le courant froid du secteur Sud observé quatre heures avant au sol a été retrouvé vers 2.000 mètres d'altitude.

Les caractères physiques de ce courant malheureusement peu précis, ne permettent pas néanmoins de le confondre avec un courant d'origine équatoriale et rappellent plutôt l'alizé. Son origine serait cependant un peu différente du vent qui forme le secteur froid de la dépression elle-même. Il semble provenir d'une région au S.-E. de la Martinique très récemment soumise à l'alizé. Une situation isobarique semblable à celle décrite dans notre note sur la disposition des isobares le long de la côte septentrionale de l'Amérique du Sud par exemple est susceptible de produire ce résultat.

## SONDAGE EN AVION
## du 1er mai 1936 (1)

### CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES GÉNÉRALES

L'anticyclone des Bermudes s'étend vers le Sud, il est déformé par une dépression qui se comble centrée au nord de Haïti par 27° N. et 70° W. approximativement. Un autre point dépressionnaire paraît exister sur la Guyane française. Au sol le courant équatorial est dévié vers le Nord, à l'ouest de la Martinique ; déviation qui paraît être en rapport avec le secteur chaud de la dépression de Haïti. Au sud de la Martinique ce courant est dévié vers le Sud, constituant sans doute le secteur froid de la dépression guyanaise.

Comparé à la situation des jours précédents, l'état atmosphérique s'identifie avec une invasion chaude d'origine marine tropicale.

*Etat du ciel.* — Des nuages cumuliformes se forment à l'Est, mais se dissocient avant de pénétrer dans la mer des Antilles. La nébulosité au-dessus de Fort-de-France est de 3 par cumulus à 1.300 mètres.

*Sondage de température.* — Le sondage n'a pas dépassé 2.000 mètres, la vitesse ascensionnelle de l'avion étant fortement réduite par des courants descendants que le pilote a rencontrés vers 900 mètres d'altitude.

Le tableau ci-contre donne la variation de la température :

| Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m | Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29°3 | —0,3 | 800 | 23°1 | —1,1 |
| 100 | 29°0 | —1,0 | 900 | 22°2 | —0,9 |
| 200 | 28°0 | —1,3 | 1.000 | 21°5 | —0,7 |
| 300 | 26°7 | +0,1 | 1.200 | 20°4 | —0,6 |
| 400 | 26°8 | —1,0 | 1.400 | 19°3 | —0,6 |
| 500 | 25°8 | —0,8 | 1.600 | 18°2 | —0,6 |
| 600 | 25°0 | —0,8 | 1.800 | 17°7 | —0,3 |
| 700 | 24°2 | | 2.000 | 17°0 | —0,4 |

La décroissance moyenne est de 0°,62.

*Nuages et influence du relief.* — La nébulosité, au moment du sondage, était faible et localisée au-dessus de l'île. La distribution des nuages paraît être en rapport avec la température, celle-ci étant elle-même influencée par le relief terrestre.

Jusqu'à 900 mètres environ l'avion a suivi la côte de la mer des Antilles, cette partie du sondage est caractérisée par un grand nombre de variations brusques de la décroissance de la température. Or, au moment où l'avion à l'altitude de 900 mètres a franchi la côte pour survoler la terre, la température s'est brusquement élevée ; il semblerait par conséquent que les irrégularités observées sont surtout dues au voisinage de deux masses d'air de température légèrement différentes.

D'autre part, dès que l'appareil a été au-dessus de la partie peu élevée que constitue la région du Morne-Rouge la température a baissé, cette baisse est sans doute due à ce que le versant ouest du Carbet le long duquel l'avion évoluait précédemment, était à l'heure du sondage (16 h. locales) exposé au soleil, dont les rayons ne touchaient plus qu'obliquement la plaine du Morne-Rouge.

Effectivement une nouvelle augmentation de la température a été constatée sous le vent de la Montagne Pelée. Il a été procédé à l'examen sommaire du tourbillon provoqué par cette dernière proéminence du relief. Vers l'Ouest (le vent arrivait de l'Est) le ciel était découvert ; par contre, des cumulus assez développés en couvraient une partie dans l'Est. Il paraît certain que ces cumulus sont dus à la partie ascendante du tourbillon provoqué par la montagne. Il a été possible de suivre l'arrivée d'un de ces nuages sur le cône de la montagne et sa dissociation ultérieure. Il est à noter que dans le cas d'une invasion froide les nuages traversent la montagne en s'élevant simplement du côté sous le vent.

Enfin, il semble qu'il existe aussi une influence propre du volcan. Une fumerolle particulièrement chaude se trouve assez bas sur le cône sur le versant Nord-Ouest. A 300 m. au-dessus l'avion subit une

(1) Enseigne de vaisseau SAUTEREAU DU PART, pilote ; Ingénieur-adjoint FROLOW, observateur.

forte secousse et l'on ressent une bouffée d'air chaud sur le visage (il n'a pas été possible, en raison du remous, de mesurer la température en cet endroit). Cet air chaud est visiblement animé d'un mouvement ascendant qui contribue très probablement à la déformation des nuages qui traversent le cône.

La photographie 5 est prise face au vent ; la photographie 6 est orientée dans le sens du vent. On constate les deux aspects du ciel avant et après la montagne dans le sens du vent.

## SONDAGE DE TEMPÉRATURE EN AVION du 13 mai 1936 à 12 h. T. M. G. (1)

*Situation atmosphérique.* — L'anticyclone de l'Atlantique est à l'est des Antilles mais le vent paraît obéir à des dépressions centrées sur la mer des Antilles. A la Martinique, au sol : air froid provenant de l'anticyclone. Le sondage semble démontrer qu'au-dessus il y a de l'air chaud provenant de la dépression.

*Description du ciel.* — Ciel nuageux par cumulus et strato-cumulus avec quelques trous.

*Variation de la température*

| Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m | Alt. en m. | Temp. en deg. C. | Variat. par 100m |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 28°1 | —0,3 | 1.400 | 17°4 | +0,1 |
| 100 | 27°8 | —0,8 | 1.500 | 16°3 | —1,1 |
| 200 | 27°0 | —0,3 | 1.600 | 16°3 | 0 |
| 300 | 26°7 | —0,5 | 1.700 | 16°0 | —0,3 |
| 400 | 26°2 | —0,5 | 1.800 | 15°5 | —0,5 |
| 500 | 25°7 | +0,3 | 1.900 | 15°0 | —0,5 |
| 600 | 26°0 | —4,1 | 2.000 | 15°0 | 0 |
| 700 | 21°9 | —0,1 | 2.100 | 15°1 | +0,1 |
| 800 | 21°8 | —0,8 | 2.200 | 14°7 | —0,4 |
| 900 | 21°0 | —0,6 | 2.300 | 14°0 | —0,7 |
| 1.000 | 20°4 | —0,6 | 2.400 | 13°9 | —0,1 |
| 1.100 | 19°0 | —0,8 | 2.500 | 12°9 | —1,0 |
| 1.200 | 18°2 | —0,9 | | | |
| 1.300 | 17°3 | | | | |

La décroissance moyenne entre 0 et 2.500 mètres a été de 0°608 par 100 mètres.

## SONDAGE DE TEMPÉRATURE EN AVION du 14 mai 1936 à 13 h. T. M. G. (2)

*Situation atmosphérique.* — L'anticyclone de l'Atlantique occupe une vaste aire au nord-est des Antilles. La dépression de la mer des Antilles centrale ne paraît plus influencer le temps à la Martinique. L'île se trouve dans l'extrême marge anticyclonique.

*Description du ciel.* — Ciel nuageux avec averses depuis la matinée. Cumulus puissants mais sans enclumes à base de nimbo-stratus.

A 12 heures T. M. G., un grain assez fort touche la partie nord de l'île. Au moment du vol, de nombreux grains provoqués par le passage des cumulus bourgonnants sont observés.

A l'Est, dans l'océan Atlantique, un grain plus important avec véritable cumulo-nimbus se dirige vers la Martinique.

*Relevé des températures*

| Alt. en m. | Temp. deg. C. | Var. p.100m | Alt. en m. | Temp. deg. C. | Var. p.100m | Observations |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 28°2 | —0,4 | 1.200 | 17°8 | —1,6 | Grain. |
| 100 | 27°8 | —1,0 | 1.200 | 18°9 | —0,5 | Sans grain. |
| 200 | 26°8 | —0,9 | 1.300 | 17°7 | —1,2 | |
| 300 | 25°9 | —1,1 | 1.400 | 16°2 | —1,5 | Grain. |
| 400 | 24°8 | —1,2 | 1.500 | 17°4 | +1,2 | |
| 500 | 23°6 | —0,8 | 1.600 | 15,5 | —1,9 | |
| 600 | 22°8 | 0,6 | 1.700 | 14°2 | —1,3 | |
| 700 | 22°2 | —0,8 | 1.800 | 15°0 | +0,8 | |
| 800 | 21°4 | —0,4 | 1.900 | 14°8 | —0,2 | |
| 900 | 21°0 | —1,3 | 2.000 | 13°8 | —1,0 | |
| 1.000 | 19°7 | —0,3 | 2.100 | 14°8 | +1,0 | |
| 1.100 | 19°4 | | 2.200 | 15°0 | +0,2 | |
| | | | 2.300 | 15°3 | +0,3 | |

La décroissance moyenne de 0 à 2.000 mètres est de 0°,72 par 100 mètres. De 0 à 1.700 mètres elle est de 0°,82. A partir de 1.700 mètres apparaît une inversion qui débute par une décroissance nulle qui devient négative à partir de 2.000 mètres (voir graphique joint).

*Discussion du sondage.* — Dans l'ensemble, le sondage est perturbé par des invasions locales et par une inversion générale. La route suivie par l'avion était de l'Ouest vers l'Est, c'est-à-dire à la rencontre des grains. On remarque sur le tracé du sondage que devant chaque grain la décroissance de température s'arrête ou même change de signe. L'origine des inversions paraît donc se rattacher à la structure des grains.

Les observations suivantes ont été faites au moment du sondage :

1° De 940 à 1.060 mètres, arrêt de la chute de température : marge d'un grain ;

2° De 1.060 à 1.180 mètres, décroissance normale ;

3° De 1.180 à 1.200 mètres, chute brusque dans le grain (l'avion a été obligé de fuir le vent en perdant de l'altitude) ;

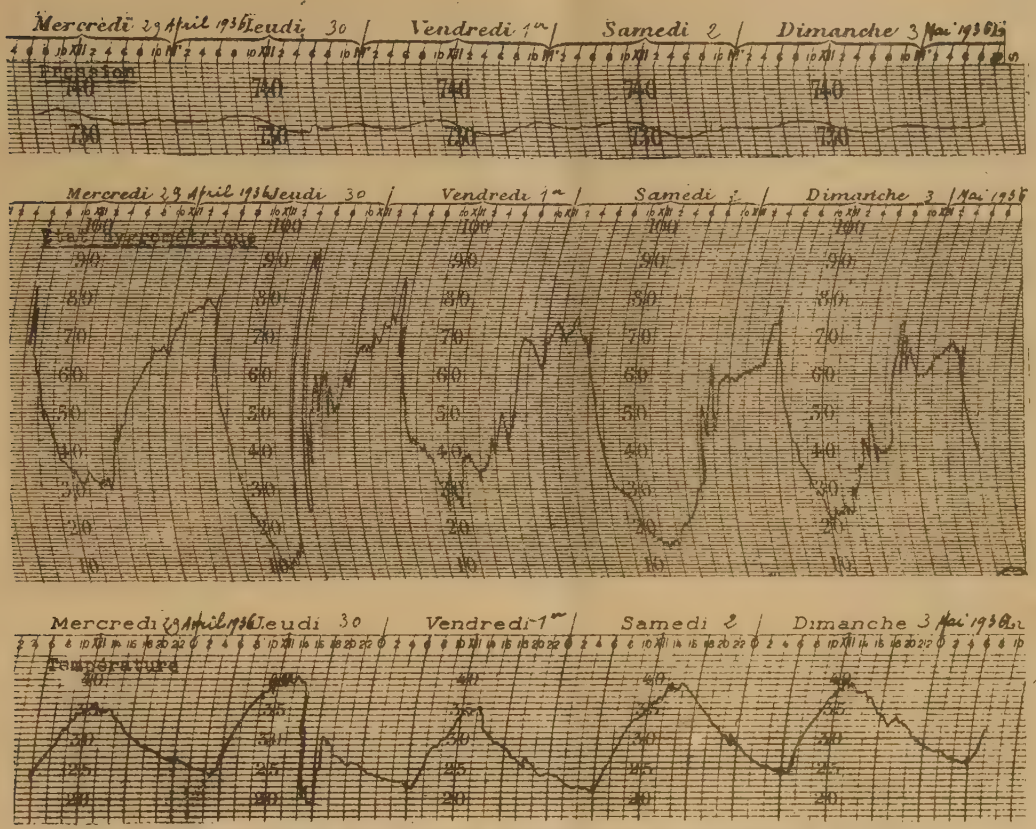
4° De 1.150 à 1.290 mètres, décroissance normale de température devant un grain ;

(1) M. Sautereau du Part, pilote ; M. Molard, observateur.

(2) Enseigne de vaisseau Sautereau du Part, pilote ; Ingénieur adjoint Frolow, observateur.

# GOUAULT.- ORAGE DU 30 AVRIL 1936

## (diagrammes des enregistreurs)




Il y a incertitude sur l'aspect du diagramme de température du 30 avril de 17 à 22 heures, des taches masquant l'original à cet endroit.

## LABROUSTE.- SERIE DE FOURIER ET COMBINAISONS LINEAIRES D'ORDONNEES

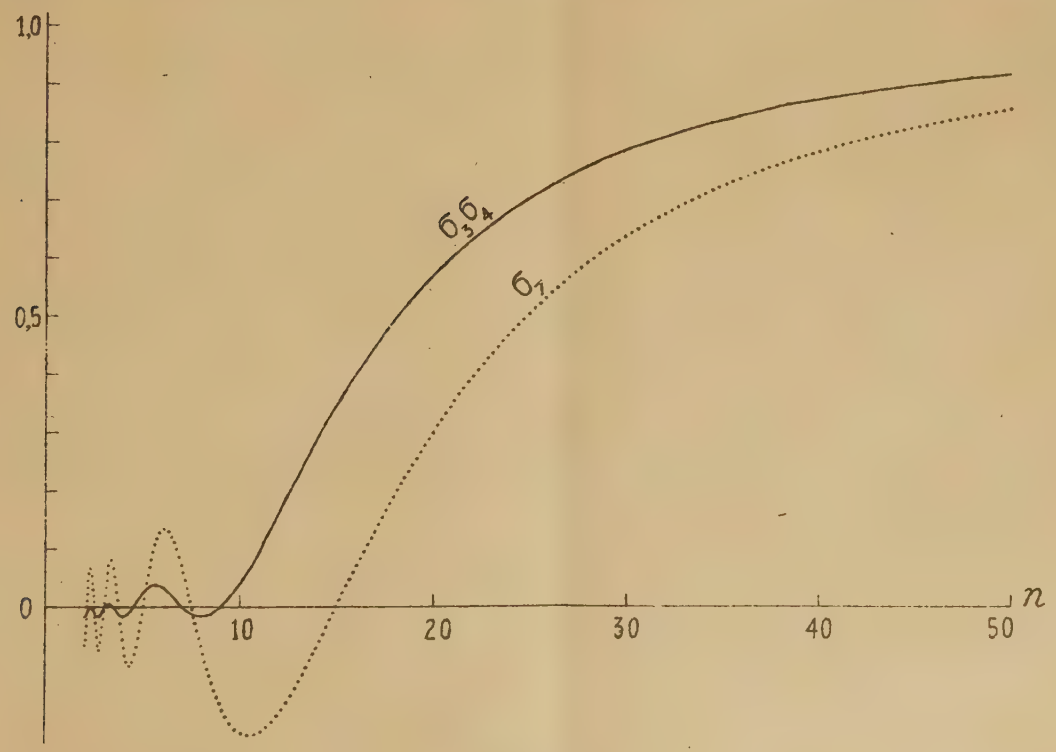



Fig. I

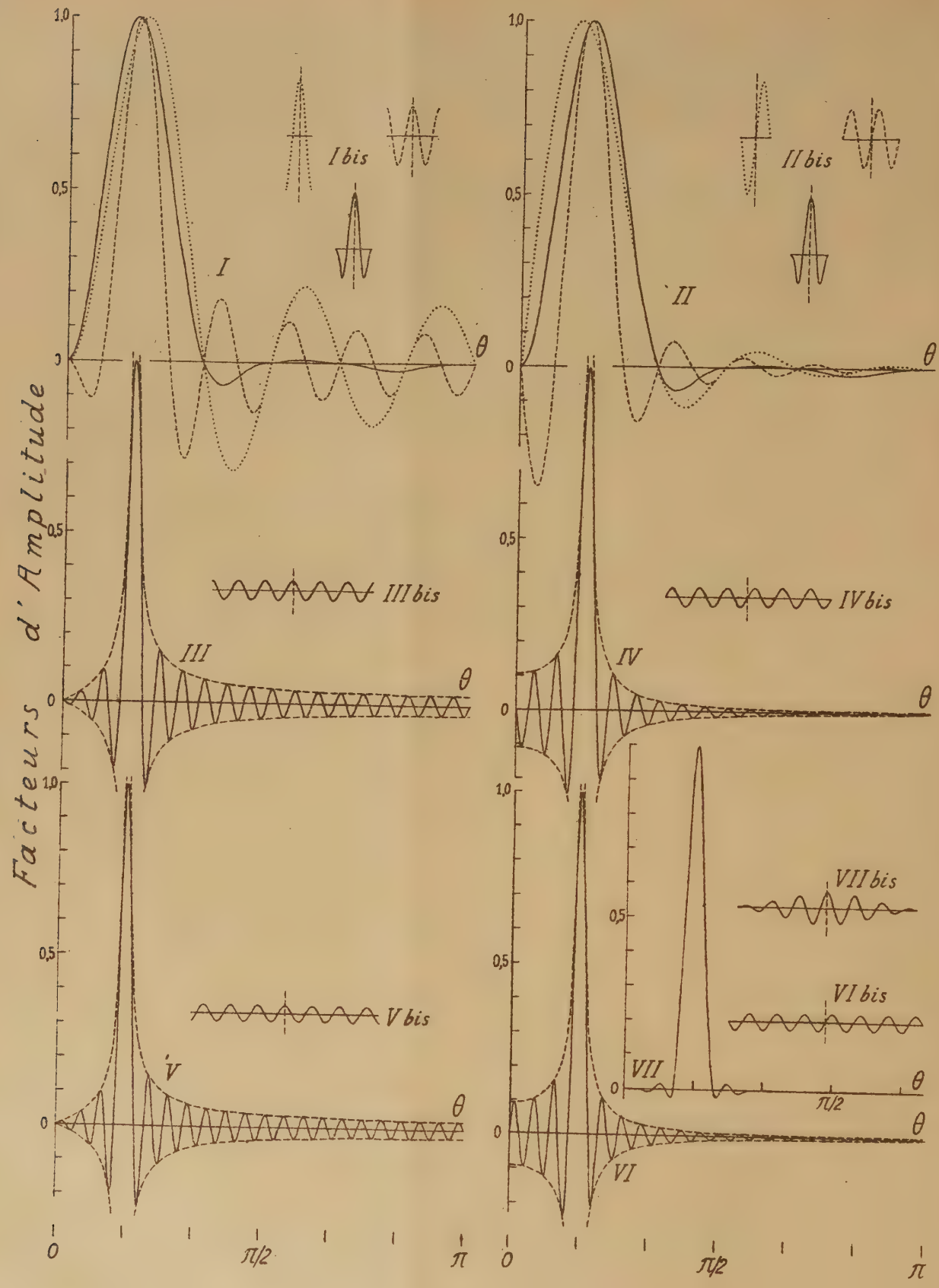
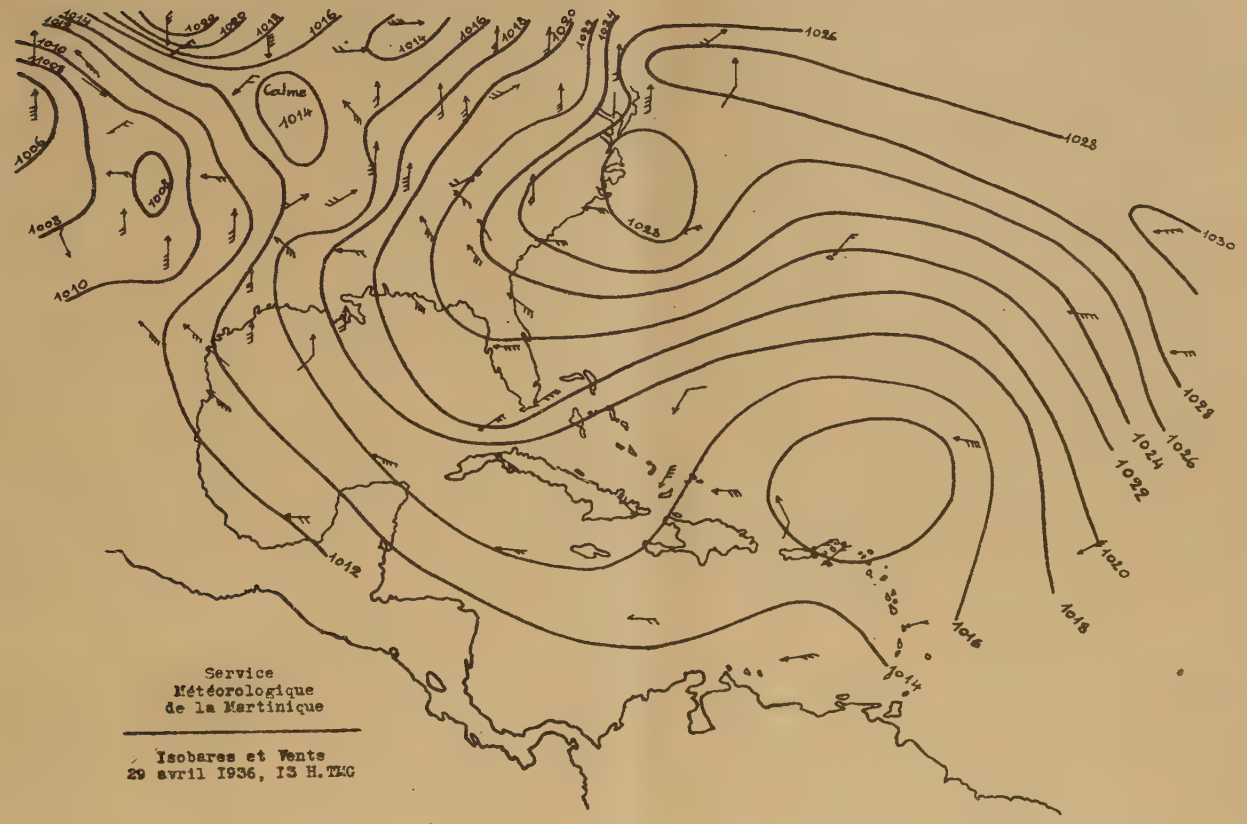
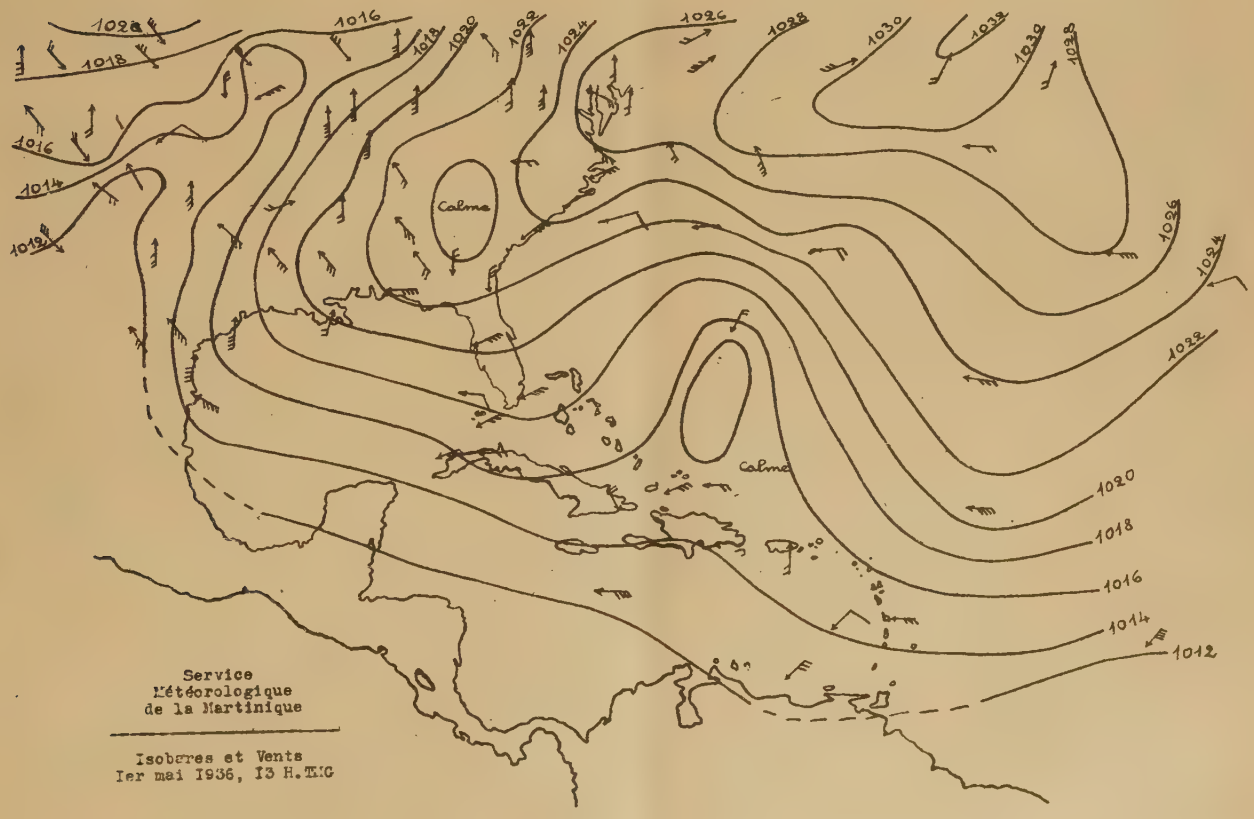
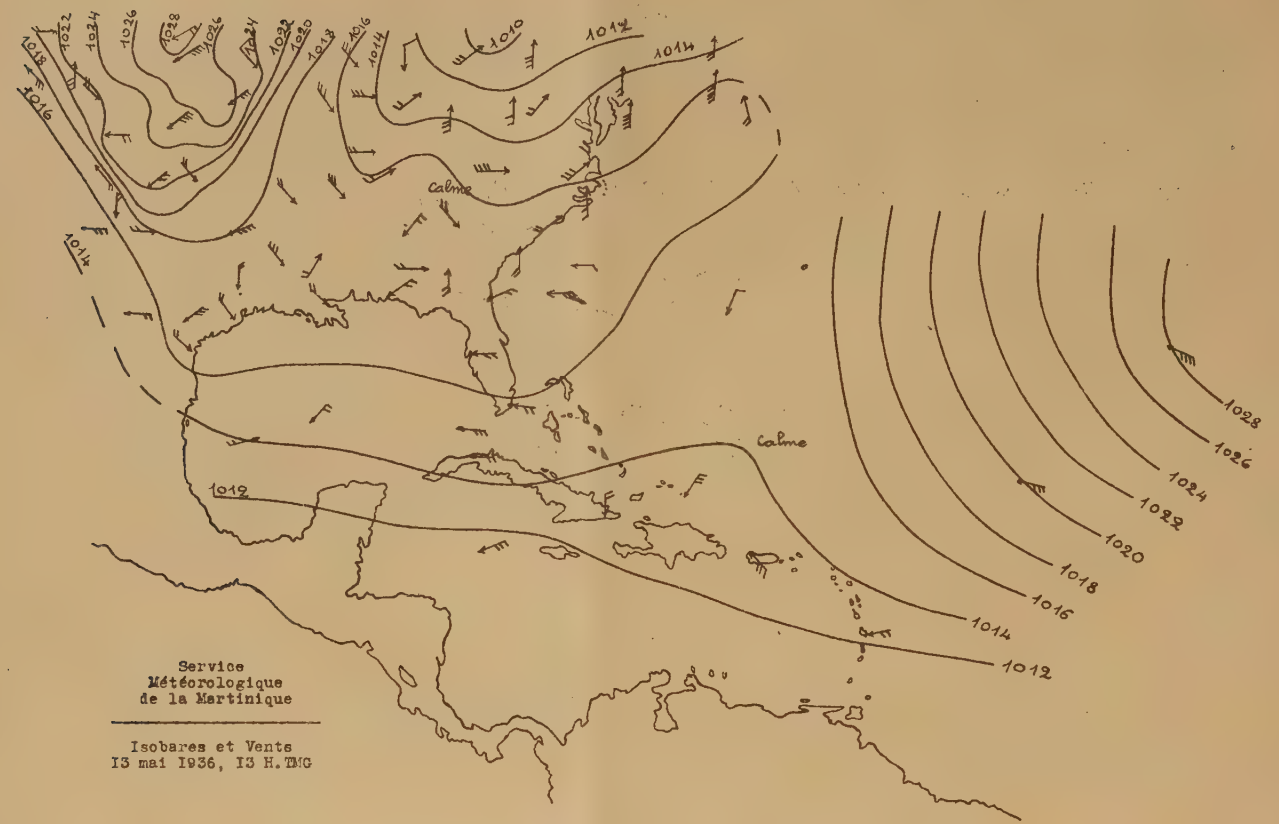
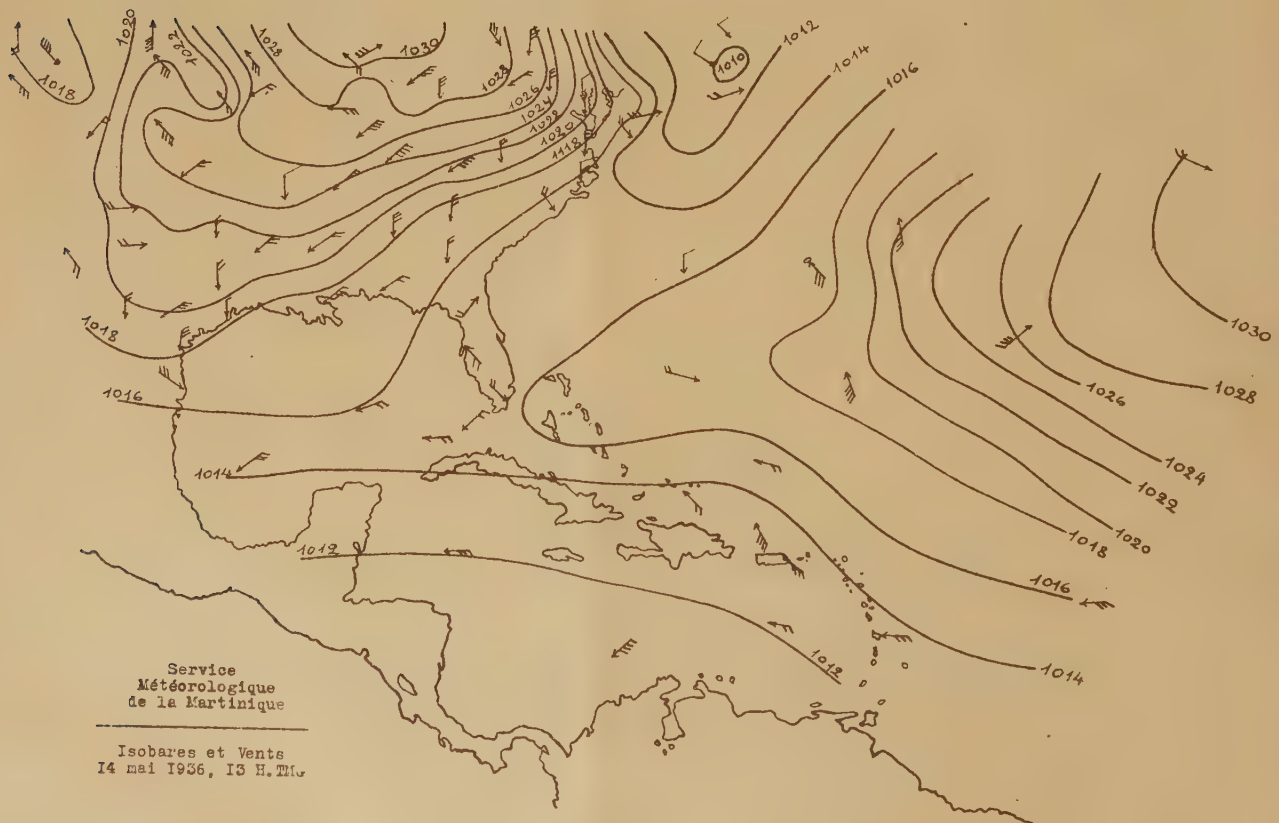

Facteurs d'Amplitude
1,0
0,5
0
θ
I
I bis
II
II bis
III
III bis
IV
IV bis
V
V bis
VI
VI bis
VII
VII bis
π/2
π

Fig. 2

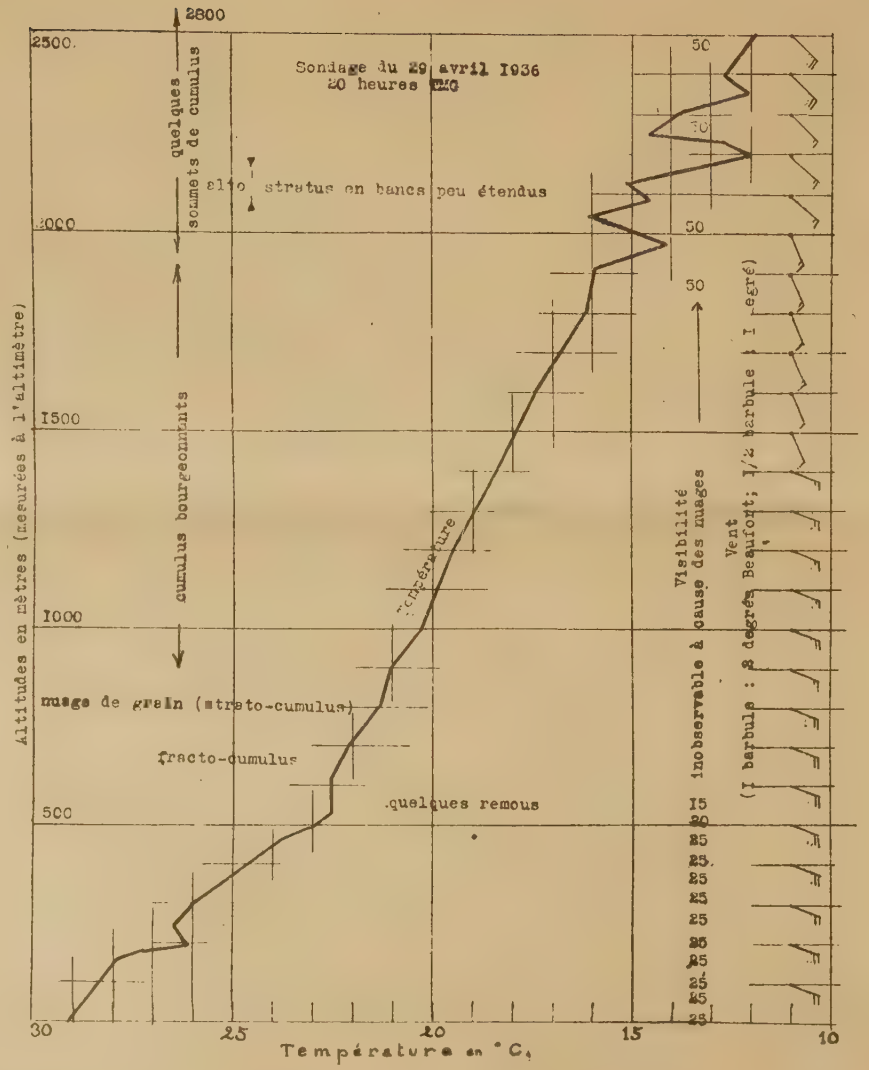

Calme
1014
1012
1010
1008
1006
1016
1018
1020
1022
1024
1026
1028
1030
Service
Météorologique
de la Martinique
Isobares et Vents
29 avril 1936, 13 H.TMG

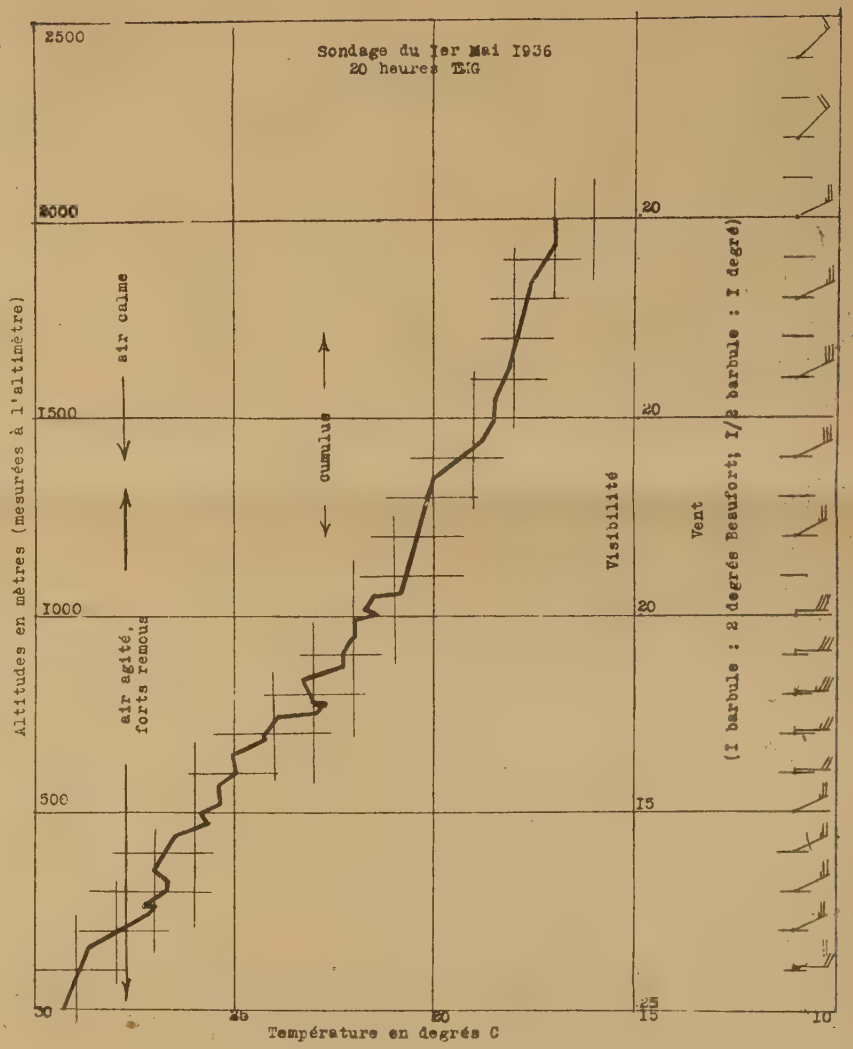

Calme
Calme
1012
1014
1016
1018
1020
1022
1024
1026
1028
1030
Service
Météorologique
de la Martinique
Isobares et Vents
1er mai 1936, 13 H.TMG


Calme
Calme
1012
1014
1016
1018
1020
1022
1024
1026
1028
Service
Météorologique
de la Martinique
Isobares et Vents
I3 mai I936, I3 H. TMG

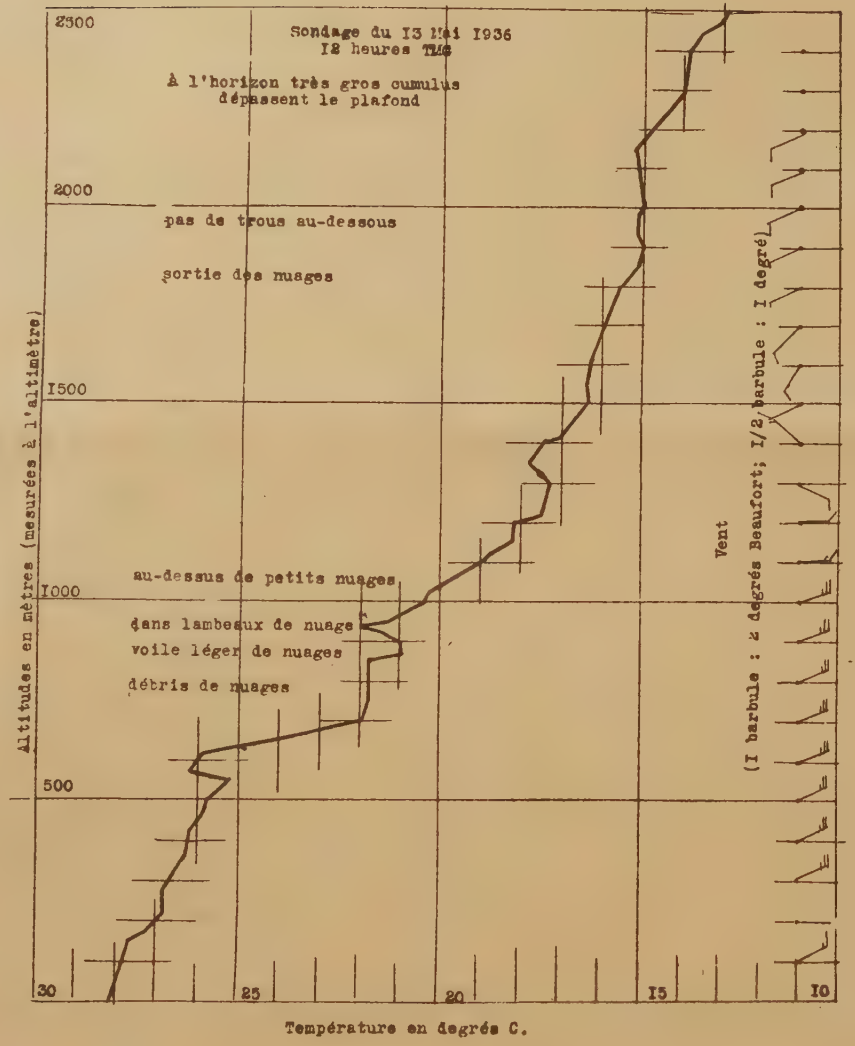

1010
1012
1014
1016
1018
1020
1022
1024
1026
1028
1030
Service
Météorologique
de la Martinique
Isobares et Vents
I4 mai I936, I3 H. TMG

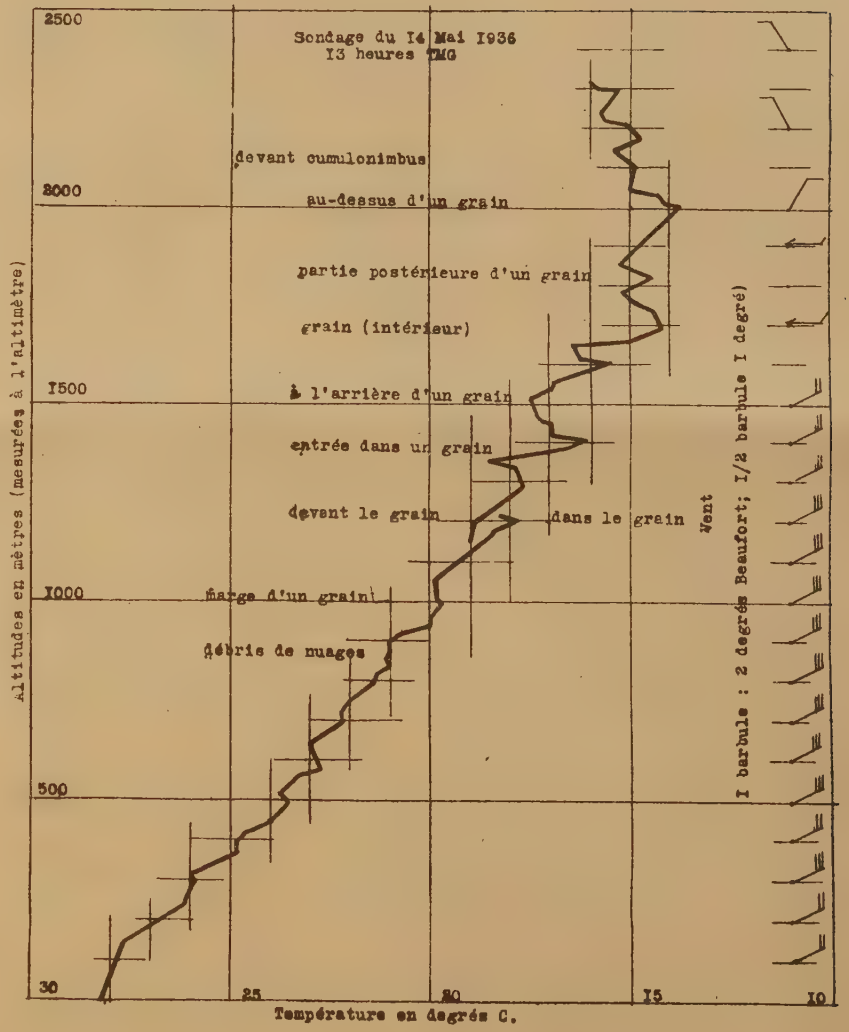
# FROLOW.- OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES EN AVION A LA MARTINIQUE



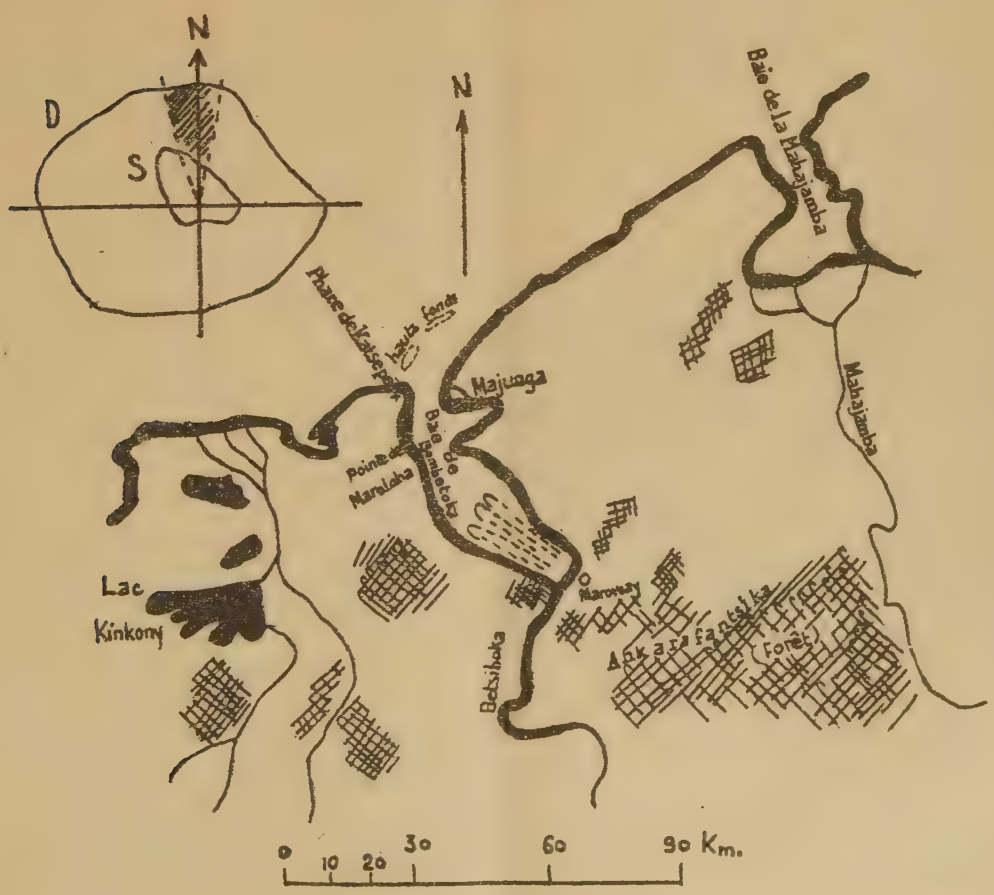



# FROLOW.- OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES EN AVION A LA MARTINIQUE



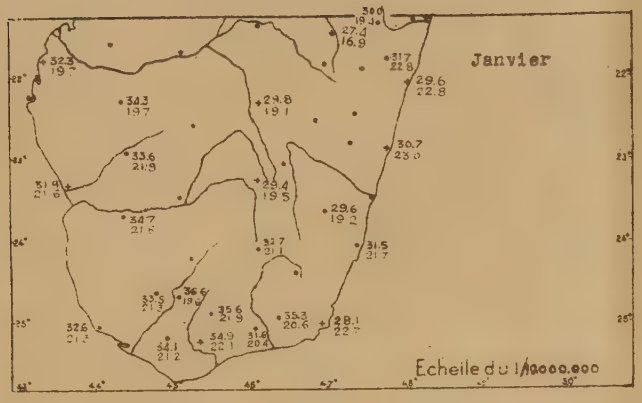
| Nombre de fois en 1933, pour 100 observations, qu'on a noté des Cub et Cunb. | J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sur Majunga | 3,2 | 8,5 | 2,1 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,3 | 3,5 | 6,7 | 2,5 |
| au N | 26,6 | 23,8 | 20,4 | 19,3 | 9,1 | 1,4 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 12,0 | 19,5 | 41,6 | 15,0 |
| au NNE | 16,8 | 18,5 | 19,9 | 13,6 | 3,5 | 0,7 | 0 | 2,0 | 1,4 | 5,3 | 13,2 | 32,9 | 10,6 |
| au NE | 21,0 | 20,0 | 23,2 | 25,0 | 11,2 | 0,7 | 0 | 0,7 | 1,4 | 5,3 | 11,1 | 30,2 | 12,5 |
| à l'ENE | 23,4 | 18,5 | 19,0 | 17,1 | 6,3 | 1,4 | 0 | 0,7 | 2,1 | 6,0 | 11,8 | 26,8 | 11,1 |
| à l'E | 27,4 | 27,7 | 26,1 | 28,6 | 9,8 | 3,6 | 1,3 | 1,3 | 5,5 | 4,0 | 14,6 | 34,2 | 15,3 |
| à l'ESE | 24,2 | 21,5 | 21,8 | 22,8 | 9,1 | 2,2 | 1,3 | 1,3 | 5,5 | 4,0 | 17,4 | 33,6 | 13,7 |
| au SE | 23,4 | 22,3 | 21,8 | 25,0 | 9,8 | 2,2 | 1,3 | 2,0 | 6,9 | 6,0 | 16,7 | 41,6 | 11,9 |
| au SSE | 22,6 | 21,5 | 19,0 | 24,3 | 9,8 | 2,2 | 1,3 | 0,7 | 6,2 | 5,3 | 14,6 | 36,9 | 13,7 |
| au S | 25,8 | 26,9 | 26,7 | 34,3 | 16,1 | 2,2 | 1,3 | 2,0 | 6,9 | 8,7 | 17,4 | 36,9 | 17,1 |
| au SSW | 22,6 | 22,3 | 23,9 | 31,4 | 14,0 | 2,2 | 1,3 | 1,3 | 6,9 | 6,7 | 16,0 | 34,9 | 14,2 |
| au SW | 23,4 | 26,1 | 24,6 | 32,1 | 14,7 | 2,2 | 1,3 | 1,3 | 6,9 | 8,0 | 11,8 | 35,6 | 15,7 |
| à l'WSW | 17,7 | 20,8 | 19,7 | 20,7 | 8,4 | 2,2 | 0 | 1,3 | 1,4 | 4,7 | 8,3 | 31,5 | 11,4 |
| à l'W | 23,4 | 21,5 | 20,4 | 17,1 | 4,9 | 1,4 | 0 | 2,0 | 1,4 | 8,0 | 13,9 | 36,9 | 12,6 |
| à l'WNW | 21,8 | 20,8 | 14,8 | 17,1 | 6,3 | 0,7 | 2,0 | 3,3 | 3,4 | 9,3 | 16,7 | 38,9 | 12,9 |
| au NW | 26,6 | 25,4 | 19,0 | 23,6 | 8,4 | 0,7 | 0 | 2,7 | 6,9 | 14,0 | 20,8 | 43,6 | 16,0 |
| au NNW | 26,6 | 23,8 | 17,6 | 17,1 | 8,4 | 2,2 | 0 | 1,3 | 3,4 | 13,3 | 17,4 | 43,6 | 14,6 |
| | | | | | | moyenne générale ..... | | | | | | | 13,8 |
| à tous les horizons à la fois | 8,9 | 13,1 | 9,8 | 7,9 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,5 | 16,1 | 5,0 |

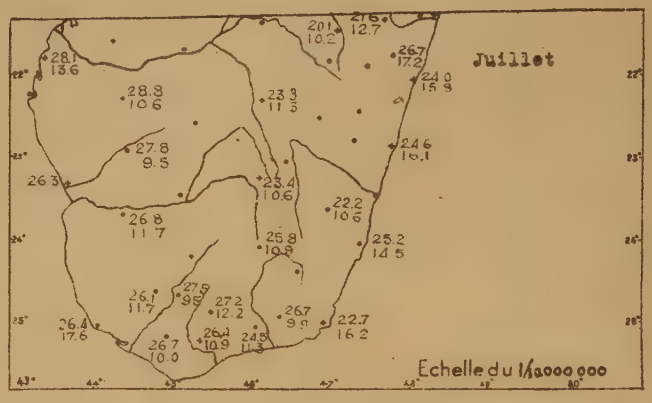


# SUR LA POSSIBILITE D'INSTALLATION D'UN OBSERVATOIRE DANS LE SUD DE MADAGASCAR

## Température moyenne

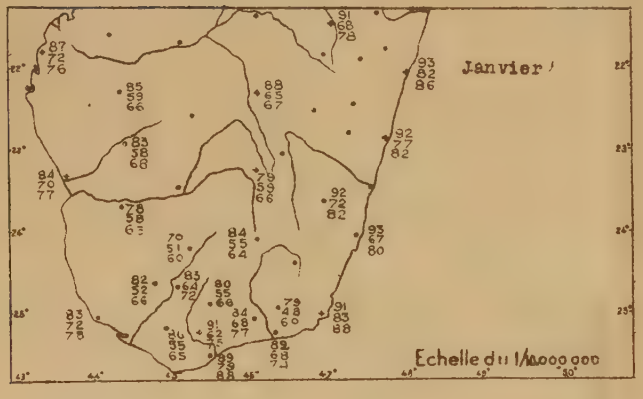
(Maximum : chiffre supérieur - Minimum : chiffre inférieur)

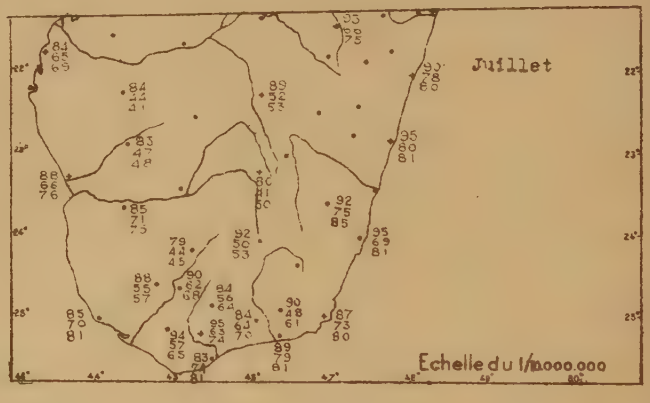


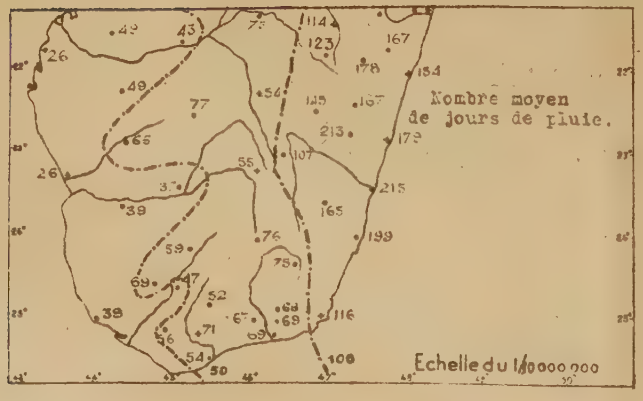

## Humidité relative moyenne

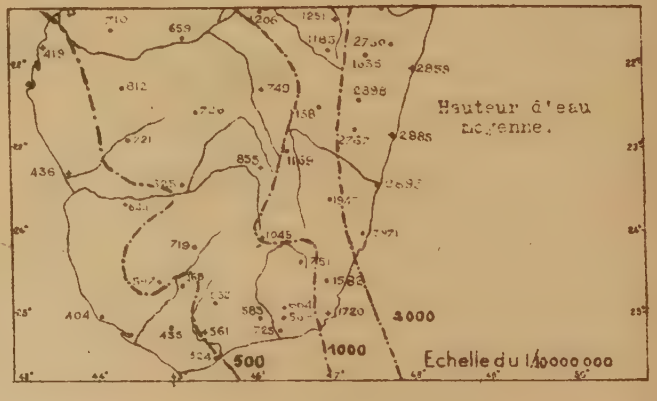
( 7 H. en haut - 12 H. au milieu - 17 H. en bas )




## Pluies annuelles



5° De 1.290 à 1.350 mètres, inversion nette dans la marge du grain ;

6° De 1.350 à 1.400 mètres, l'avion traverse la partie inférieure du grain : chute brusque de température ;

7° A 1.400 mètres, le grain étant dépassé, la température remonte (en valeur absolue et par rapport au gradient moyen) ;

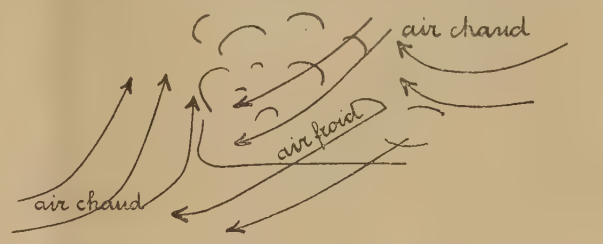
8° A partir de 1.700 mètres, l'avion se trouve en vue du grand cumulonimbus qui s'avance de l'Est vers l'Ouest. La température cesse de décroître, puis remonte.

D'autres observations concordantes peuvent être faites au cours du sondage. En résumé :

Devant le grain on trouve de l'air chaud (courants ascendants), à l'intérieur de l'air froid, en-dessous de l'air chaud, derrière de l'air chaud.

De plus, au retour le pilote a essayé de pénétrer dans la partie arrière d'un grain. Les secousses ressenties ont été suffisamment fortes pour faire abandonner immédiatement la tentative. Rien de pareil pourtant ne s'est produit au moment où l'appareil abordait les grains par le front.

On peut en conclure que dans la partie postérieure il y a des discontinuités de température très marquées.




Le schéma ci-dessus représente l'ensemble de ces observations. Par hypothèse, on a admis que l'air chaud est ascendant et l'air froid descendant. (Il est possible qu'il ne s'agit là que de compression et de détente.)

A noter que cette disposition correspond assez bien au tracé barométrique au sol (petite dépression de courte durée précédant le grain, crochet de grain, baisse du baromètre ensuite.

S. Frolow,
*Ingénieur-Météorologiste des Colonies*
*Fort-de-France (Martinique).*

# Sur la rareté des courants ascendants à Majunga

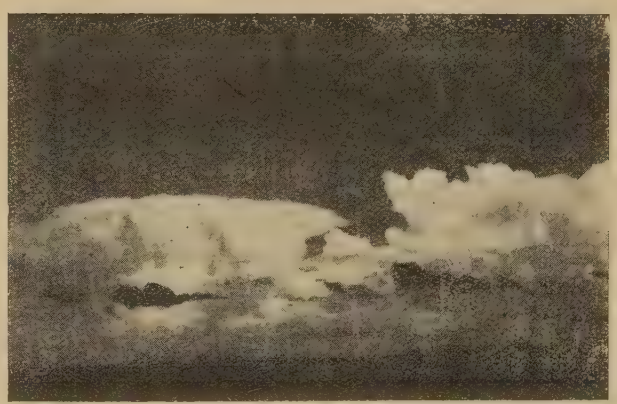
Il est de notoriété que l'observateur d'une station a souvent tendance à déclarer que sa station ou sa région sont soumises à un régime météorologique particulier et exceptionnel.

En général, ces affirmations sont presque toujours infirmées par l'examen des registres d'observations.

Toutefois, ayant effectué un séjour de trois ans à Majunga nous avons, nous aussi, fini par conclure à un régime exceptionnel pour cette station ; mais l'examen des registres d'autres stations et des cartes de temps établies pour l'ensemble de Madagascar nous ont confirmé dans cette hypothèse.

Nous devons d'ailleurs indiquer que l'expérience de ces dernières années a montré qu'il existe, à Madagascar, un certain nombre de régions réagissant très différemment devant une même situation générale. Pour ne citer qu'un exemple précis, signalons qu'une arrivée d'air froid bien caractérisée peut se traduire, dans le nord-ouest de l'île, par une hausse de température.

Le mécanisme est d'ailleurs assez simple : une



Courants ascendants au-dessus de Majunga, vers l'Est.
3 décembre 1936, 12 h. 20

vague d'air froid entraîne un renforcement de l'alizé du Sud-Est ; celui-ci en escaladant les hautes falaises

de la côte Est se débarrasse, par des précipitations abondantes, de son humidité. Sa descente en direction du Nord-Ouest provoque, comme l'ont montré les travaux du R. P. Poisson, un réchauffement important. De plus, l'air sec et sans nuages permet, dès le lever du soleil, un fort rayonnement solaire. De sorte que par régime d'arrivée d'air froid, les thermomètres du Nord-Ouest peuvent être en hausse déjà à 7 heures, cette hausse s'accentuant régulièrement en cours de journée.

Il s'agit, dans cet exemple, d'une réaction régionale, étendue sur un large espace. Mais dans le cas de Majunga signalé ici, il s'agit d'un phénomène localisé dans un rayon de quelques kilomètres : Majunga semble se trouver sans une zone — une sorte de lac atmosphérique — où, en particulier, les courants ascendants sont rares, tandis qu'ils sont abondants sur toutes les « rives » de ce lac.

Le mot « lac » n'est employé ici que pour faire image. Il s'agit d'une zone d'influence, dont les limites sont variables, et se déforment ou se déplacent ; mais la persistance de ces limites ne peut faire de doute. C'est ainsi qu'il est possible de dire que la limite Est est assez proche : de l'ordre de 5 à 10 kilomètres ; tandis que sur mer cette limite est assez éloignée : parfois jusqu'à une centaine de kilomètres.

D'autre part, ces limites ne sont pas absolues. En période dépressionnaire, l'influence générale parvient à contrebalancer puis emporter l'influence locale. Même en période de temps normal, il peut arriver que les « rives du lac » soient « enfoncées », et que des cumulus bourgeonnants (Cub) ou des cumulonimbus (Cunb) passent sur Majunga. Mais le rétablissement

Courants ascendants autour de Majunga, vers le Sud-Ouest. 2 février 1934, 14 h. 30

souvent rapide, après ces défaillances passagères, de la situation habituelle, montre bien l'existence d'un phénomène particulier, ne provenant pas d'une erreur d'optique ou d'appréciation.

Ci-joint, trois photographies montrant les formations nuageuses provoquées, autour de Majunga, par les courants ascendants ; ces formations laissant au-dessus de la station un ciel parfaitement pur ou peuplé tout au plus de nuages élevés.

La photographie du 2 février 1934 en particulier est très suggestive : à 14 h. 30, heure de la photographie, cette muraille nuageuse, d'une hauteur moyenne de 4 à 5.000 mètres, semblait-il, s'étendait, sauf une large brèche au Nord-Ouest, sans interruption dans toutes les autres directions. A 17 heures et jusqu'à la nuit, le tour d'horizon était complet, la muraille paraissant cependant moins compacte. Pendant tout l'après-midi, le vent au sol a été d'Ouest à Ouest-Nord-Ouest ; le vent en altitude, indiqué par le sommet des formations nuageuses et par quelques cirrus, était d'Est.

***

Pour appuyer nos observations, nous avons dénombré, pour l'année 1933, les Cub et Cunb notés à l'horizon et ces nuages passés sur Majunga.

1° Cub et Cunb notés comme étant *à l'horizon*. Ils sont notés ainsi chaque fois qu'ils sont éloignés de Majunga et qu'il n'est pas possible d'obtenir la direction de leur déplacement, soit parce qu'ils *sont trop bas sur l'horizon* pour que leur mouvement puisse être décelé, même au néphoscope de précision, soit parce qu'ils sont réellement stationnaires.

Nous avons exclu ici les Cumulus, et même les nuages — assez nombreux — notés : « Cu à Cub », ou « Cu et Cub » pour ne pointer que les cumulus bourgeonnant nettement et les Cunb, afin de bien mettre en évidence le facteur courants ascendants.

2° Cub et Cunb passés *sur Majunga*. Les cumulus n'ont pas non plus été comptés ici ; mais par contre on a pointé également les « Cu à Cub » et les « Cu et Cub ». Ceci, d'une part, pour répondre à l'objection que lorsque de gros nuages passent au zénith, il est assez difficile de savoir s'ils bourgeonnent ; et d'autre part, pour opérer un dénombrement aussi défavorable que possible à notre hypothèse.

Il peut s'être trouvé des cas où les nuages sur Majunga, notés cumulus seulement, aient été en réalité des cumulus bourgeonnants ; mais il semble bien que ces cas puissent être considérés comme balancés par les cas certainement aussi nombreux où les nuages bourgeonnants à l'horizon ont été cachés par la brume, ou l'éblouissement provoqué l'après-

midi par la mer, ou leur propre pluie qui ne laissait voir qu'un horizon gris ou noir. Il est arrivé souvent que de gros Cunb invisibles à l'observation de 17

Courants ascendants au-dessus de Majunga, vers le Nord-Ouest. 6 février 1934, 9 h. 30

heures, noyés dans la réverbération de a mer, ont été décelés par leurs silhouettes au coucher du soleil, ou par leurs éclairs après son coucher. Notés au registre, ils n'ont cependant pas été pointés dans notre statistique, puisqu'aucune observation régulière des nuages sur Majunga n'était effectuée en même temps.

Enfin, il est à remarquer que lorsque des nuages bourgeonnants passent sur Majunga, ils existent, sauf de très rares exceptions, également aux horizons ; par suite, ils devaient être comptés en même temps dans les deux catégories. Pour que notre statistique ne puisse prêter à aucune critique autre que celle d'être établie aussi défavorablement que possible à ce que nous cherchons à démontrer, nous ne les avons comptés que dans les nuages sur Majunga.

Pour rendre les mois comparables entre eux, nous avons effectué la réduction à 100 observations des nombres relevés au registre quotidien. Les résultats sont donnés au tableau de la page 51. On y note de suite qu'en moyenne en 1933, 2,3 % des observations ont montré des nuages à courants ascendants sur Majunga, contre 13,8% à une certaine distance de Majunga dans chacune des seize directions de la rose des vents et 5% à tous les horizons à la fois. Le maximum est, en décembre, de 43,6% de nuages à courants ascendants en dehors de Majunga, au Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest ; ensuite viennent, pour le même mois, le Nord et le Sud-Est avec 41,6% ; en contre partie, le maximum de nuages à courants ascendants passés sur Majunga est de 8,5% des observations, en février.

***

Nous avons voulu rechercher si ces chiffres ne pourraient pas s'expliquer par le calcul des probabilités ; en réalité, le problème ne peut se résoudre en toute rigueur, pour les raisons suivantes :

1° Le nombre des observations, environ 1.870, n'est peut-être pas suffisamment élevé ;

2° La limite du tour d'horizon est variable suivant la hauteur des nuages ;

3° Les limites et la forme du « lac atmosphérique » de Majunga ne sont pas fixes ;

4° Enfin il serait nécessaire d'avoir des précisions sur les dimensions des nuages.

Ces réserves faites, il nous a semblé cependant que nous pouvions poser l'énoncé suivant.

Etant donné une surface S dans un domaine orienté depuis un point pris dans S ; si on laisse tomber des palets au hasard dans le domaine — sans viser aucun point — quelle proportion aurait-on, entre le nombre de palets tombés autour de S dans chacun des seize secteurs de la rose des vents, et le nombre de palets tombés dans S. La position des palets est définie par celle de leur centre (Fig. p. 51).

Puisque les palets sont tombés au hasard, tous les points ont la même chance de les recevoir ; la proportion sera donc pour toutes les directions $\frac{D - S}{S}$, et pour le Nord par exemple $\frac{S_N}{S}$ ; $S_N$ étant la surface du secteur nord, hachurée sur la figure.

Si S et D sont des cercles concentriques orientés depuis le centre, la proportion dans chaque direction sera $\frac{D - S}{16.S}$. Pour fixer les idées, prenons des nuages à 2.000 mètres ; la station étant à 35 kilomètres, on a pour ces nuages un rayon d'horizon d'environ 180 kilomètres. Admettons qu'il s'agisse d'une surface plane et prenons S concentrique au domaine D d'horizon.

Le rayon de S est certainement supérieur à 40 kilomètres ; et probablement compris entre 60 et 100 kilomètres.

Des renseignements donnés en janvier 1934 par des patrons de boutres ainsi que par M. Jutot, second du s/s *Galliéni* ont indiqué, pour la limite en mer, une distance de 30 à 40 milles.

Vers l'Est, j'ai estimé la distance minima entre 5 et 10 km. Au Sud-Sud-Est la limite de la zone se trouve un peu avant Marovoay, à 50 ou 60 kilomètres.

Au Sud-Ouest, on peut repérer souvent des Cunb stationnaires près de la pointe de Maroloha à 20 ou 25 kilomètres.

Enfin à l'Ouest et au Nord on voit souvent la base des Cunb au ras de l'horizon, ce qui les place à plus de 100 km., même en prenant leur base à 1.000 mètres.

Une moyenne de 40 à 60 kilomètres pour le rayon de la zone de Majunga paraît donc nettement en dessous de la réalité.

Or on a :

| Rayon de S | 30 km | 40 km | 50 km | 60 km | 100 km |
|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{D-S}{16\,S}$ /=/ | 2,2 | 1,2 | 0.7 | 0,5 | 0,1 |

Si elle était due au hasard, la proportion entre le nombre des nuages à courants escendants à l'horizon dans une direction quelconque de la rose des vents, et le nombre de ceux passés près de Majunga devrait donc être plus faible que 1,2 et probablement plus faible que 0,5.

En nous reportant au tableau, nous trouvons :

Valeurs absolues :

Rapport le plus faible (octobre ; E. et E.-S.-E. ..... $\frac{4,0}{3,3}$ /=/ 1,2

Rapport le plus élevé (avril ; Sud) $\frac{34,3}{0,7}$ /=/ 49

en éliminant les valeurs zéro qui donnent des rapports indéterminés ou infinis :

Valeurs moyennes :

Rapport le plus faible, N.-N.-E. $\frac{10,6}{2,3}$ /=/4,6

Rapport le plus élevé, Sud..... $\frac{17,1}{2,3}$ /=/ 7,4

*Rapport moyen* ..... $\frac{13,8}{2,3}$ /=/ 6

Ces valeurs tendant toutes à prouver l'existence, à Majunga, d'une zone où les courants ascendants sont très rares.

On peut d'ailleurs remarquer que si 2,3% des observations ont montré des nuages bourgeonnants sur Majunga, 5% en ont montré en ceinture continue autour de Majunga. La question, au point de vue calcul des probabilités, pourrait s'énoncer comme suit (avec la même figure que précédemment).

Quelle proportion peut-on espérer entre le nombre de fois où seize coups successifs remplissent les seize directions de la rose des vents, et le nombre de palets tombés dans S ?

La proportion probable pour le premier coup étant $\frac{D-S}{16.S}$, celle pour le deuxième coup est $\frac{D-S}{16.S} \times \frac{15}{16}$ ; pour troisième le coup : $\frac{D-S}{16.S} \times \frac{14}{16}$ ..... etc.

On a donc :

$$\frac{D-S}{16.S}\left[1 \times \frac{15}{16} \times \ldots\ldots \times \frac{1}{16}\right] = \frac{D-S}{16.S} \times \frac{15!}{16^{15}}$$

ou environ : $\frac{D-S}{16.S} \times \frac{1}{10^6}$ c'est-à-dire $\frac{< 1,2}{1.000.000}$

Or dans le cas de Majunga nous avons $\frac{5}{2,5} = 2,2$.

L'examen du tableau montre que l'explication de ce phénomène ne peut être seulement géographique. On note de suite, qu'en moyenne les directions privilégiées sont, dans l'ordre : le Sud, le Nord-Ouest, le Sud-Ouest et l'Est. Celles défavorisées : le Nord-Nord-Est, l'Est-Nord-Est et l'Ouest-Sud-Ouest.

Au Sud se trouve le delta de la Betsiboka qui doit peut-être jouer un rôle. Mais nous avons constaté que la direction de la baie de la Mahajamba (Nord-Nord-Est à Nord-Est), direction à laquelle on aurait cru pouvoir attribuer une influence particulière en raison des vastes marais du fond de la baie, se trouve justement la moins favorisée (Carte p. 51). On pourrait peut-être cependant lui attribuer le petit maximum secondaire au Nord-Est, de février à mai.

Au Sud-Ouest se trouve bien le lac Kinkony, à 60 à 80 kilomètres, entouré lui aussi de marais. Mais il s'étend plutôt du Sdu-Ouest à l'Ouest-Sud-Ouest ; or l'Ouest-Sud-Ouest est très peu favorisé, tandis que le Sud-Ouest semble plutôt se rattacher au maximum du Sud. De plus, comme nous l'avons indiqué plus haut, en direction du Sud-Ouest, les Cunb évoluent en général visiblement à 25 kilomètres seulement de Majunga. Le rôle du lac Kinkony doit donc être — s'il est réel — seulement secondaire.

Au Nord-Ouest, on se trouve en pleine mer, bien au-delà de la ligne des hauts fonds (banc du Cavallier, du Narcissus, etc.) à laquelle on aurait pu attribuer un rôle, mais qui ne sont qu'à une dizaine de kilomètres. Les Comores doivent être mises hors de causes : la comparaison journalière des télégrammes météorologiques de Dzaoudzi et Majunga et des observations des Cunb du Nord-Ouest montre bien que les Cunb se trouvent entre ces deux points. D'ailleurs Mayotte, la plus rapprochée des Comores, est à plus de 350 kilomètres.

Du Sud au Sud-Est, par contre, on peut penser au delta de la Betsiboka et au plateau de l'Ankarafantsika, peu élevé mais très boisé.

***

Nous avons cherché si une corrélation n'existait pas entre le « lac atmosphérique » de Majunga et la

brise de mer, mais nous n'avons pu trouver aucune relation nette dans un sens ou un autre.

Si d'une part, il est devenu un fait d'expérience qu'une brise de mer bien établie du Nord-Ouest coïncide assez souvent avec l'arrivée, dans la soirée sur Majunga, d'orage venant de l'Est au Sud-Est — donc avec une disparition du « lac atmosphérique » — d'autre part, on peut noter que ce dernier existe aussi souvent le matin que le soir, les jours sans brise de mer comme les jours de brise de mer.

De plus, l'examen du mécanisme de disparition des nuages sur Majunga, montre que dans la zone de Majunga il n'y a pas seulement suppression des courants ascendants. En effet, lorsque le « lac atmosphérique » n'est pas formé et que par ailleurs un vent d'Est amène des cumulus, bourgeonnants ou soudés, on peut les voir s'évanouir au-dessus de la mer où la convection qui la nourrissait au-dessus de la terre n'existe plus. Dans ce cas la disparition des nuages est progressive et elle a lieu depuis le rivage jusqu'à une certaine distance en mer.

Lorsque le lac « atmosphérique » est formé, la disparition est au contraire brutale ; il s'agit d'une dislocation brusque, en quelque sorte forcée, du nuage, accompagnée très souvent de tourbillons à axe horizontal ou vertical ; et cela sur terre comme sur mer et quelle que soit l'importance du nuage.

L'exemple le plus frappant nous a été donné, un soir de mars 1934, la lune presque au zénith éclairant bien la situation. Un gros cumulonimbus un peu orageux s'avançant de l'Est-Sud-Est sur Majunga formant une muraille s'étendant de 1.000 à au moins 5.000 mètres d'altitude. La disparition par tranches verticales successives, en deux à dix minutes, de toute la partir du Cunb arrivant à 4 ou 5 kilomètres de la Station, disparition accompagnée de tourbillons jusqu'en altitude, était un spectacle réellement remarquable tant au point de vue scénique que météorologique.

Enfin il est assez fréquent d'observer une ligne de cumulus bourgeonnants, s'étendant *perpendiculairement* au rivage, au-delà de la pointe de Katsepe, et bourgeonnant aussi activement sur mer que sur terre.

***

Il nous paraît possible, en conclusions, que les causes de la suppression des courants ascendants à Majunga soient multiples ; il se pourrait qu'il y ait coïncfdence d'éléments différents, les uns agissant sur mer, les autres en certaines zones sur la terre ; de plus en chaque point il pourrait y avoir des causes différentes.

L'étude de ces causes, quand elle sera possible, présentera un grand intérêt au point de vue de la climatologie locale et de la prévision des pluies sur la ville même de Majunga.

MONDAIN,
*Chef p. i. du Service Météorologique de Madagascar.*

# Conditions météorologiques favorables à l'installation d'un observatoire astronomique national dans l'hémisphère Sud

Les observatoires astronomiques sont encore actuellement assez rares dans l'hémisphère sud. Cela tient d'abord à ce que les terres habitées sont relativement peu étendues dans cette partie du globe, mais cela est dû surtout à ce que l'organisation scientifique qu'implique le fonctionnement de semblables établissements n'est encore acquise que dans un nombre limité de pays au sud de l'équateur.

Du fait de la répartition actuelle des observatoires astronomiques dans le monde, les recherches concernant la partie septentrionale de la sphère céleste sont à la fois plus avancées et mieux organisées que celles relatives à la partie méridionale de cette sphère. C'est là une lacune que de nombreux esprits se sont préoccupés de combler et il a semblé à certains d'entre eux, dans notre pays, qu'il y aurait intérêt à profiter de l'existence, dans l'hémisphère sud, de régions faisant partie du territoire national, pour y installer un observatoire permettant de compléter les données journellement acquises sur l'astronomie par nos établissements métropolitains.

Une telle installation exige, comme on sait, des conditions extérieures très variées et l'on ne saurait trop se préoccuper de les réaliser aussi complète-

ment que possible, sous peine de rendre par la suite fort ingrate l'utilisation du matériel astronomique une fois celui-ci monté.

Il semble que c'est surtout en ce qui concerne l'atmosphère de la région où une telle installation doit être faite que des précautions spéciales doivent être prises. Il est nécessaire en effet, avant tout, de s'assurer que l'air, au voisinage de l'observatoire prévu, est à la fois *limpide* (c'est-à-dire assure une bonne visibilité), *calme* (et par suite permet d'obtenir des images stables) et *sec* (par conséquent favorable à la transparence de l'air, d'une part et à la bonne conservation des pièces métalliques et de l'optique des instruments, d'autre part).

Il convient aussi que la nébulosité et la pluviosité soient faibles, enfin que la région choisie soit, autant que possible, en dehors de la trajectoire des perturbations graves.

Toutes ces conditions extérieures — et ce sont les principales — sont, on le voit, d'ordre météorologique. Or, on se doute bien qu'il n'est pas possible de les voir également réunies sur tous les points de nos territoires de l'hémisphère sud. Les renseignements qui suivent, dus précisément à des ingénieurs météorologistes ayant vécu longtemps dans les pays considérés, permettent de se faire une première opinion sur les mérites respectifs des sites de nos colonies méridionales au point de vue de l'installation d'un observatoire astronomique.

Sous le rapport de la latitude, les quatre colonies de l'hémisphère sud présentent des conditions comparables. En effet, bien que les Etablissements français de l'Océanie s'étendent sur près de 20 degrés en latitude, les conditions matérielles actuelles ne permettent pratiquement l'installation d'un observatoire astronomique qu'à Tahiti, par 17° lat. S. Or, cette latitude est peu différente de celle de la Réunion (21° lat. S.), ou encore de celles où se rencontrent les conditions optima soit à la Nouvelle-Calédonie (22° lat. S.), soit à Madagascar (20°—25° lat. S.).

Par contre, ainsi que le montrent les études ci-après, les caractères météorologiques présentés par les quatre colonies du Sud diffèrent sensiblement. A la Réunion, où la pluviosité n'est pas extrêmement élevée, la durée de la saison des pluies est déjà un obstacle. Les conditions ne sont pas meilleures en Océanie ou à la Nouvelle-Calédonie.

Finalement, ainsi que l'indique très judicieusement M. Thomas, Chef du Service météorologique de Madagascar, et par surcroît bon astronome, c'est le sud-ouest de cette colonie qui paraît être, de beaucoup, la région la plus favorable à l'établissement d'un observatoire astronomique. On notera que la zone qu'il a indiquée dans la note ci-dessous bénéficie d'une longue saison sèche. Elle est en outre fort vaste et présente des différences notables dans le relief (de 0 au voisinage de 1000 mètres) : elle offre de ce fait une grande variété de sites dont certains au moins sont certainement très favorables à l'installation d'un observatoire national.

Si une telle installation se réalise à Madagascar ce ne sera pas le premier établissement astronomique de la Grande Ile. Il existe en effet, depuis longtemps déjà, à Tananarive, sous un ciel toutefois moins pur que celui de Betioky, un observatoire installé par les Pères Jésuites. Il est actuellement dirigé par le R. P. Poisson, Correspondant de l'Institut, dont le nom revient tout naturellement sous la plume quand il s'agit de travaux scientifiques poursuivis dans la Grande Ile.

H. H.

## I. **Les éléments météorologiques dans les Etablissements français de l'Océanie considérés au point de vue des observations astronomiques**

Les quelques considérations qui suivent sont basées sur les observations météorologiques faites dans les établissements français de l'Océanie de 1832 à 1936. Nous étudierons les éléments relatifs à Tahiti, car pour les autres stations des archipels, les observations sont plus rares et la continuité des observations n'est pas encore réalisée.

*Visibilité verticale.* — Pour connaître les variations de la visibilité verticale nous pouvons avoir recours aux observations relatives à l'insolation et à la nébulosité. Au cours d'une journée les courbes de l'insolation et de la nébulosité sont sensiblement parallèles.

*Insolation.* — L'insolation est à Tahiti très variable d'une année à l'autre. L'insolation diurne moyenne mensuelle oscille entre 3 h. 45 (décembre 1935) et 8 h. 26 (juillet 1932). Les courbes donnant la variation de l'insolation au cours d'une année présentent des maxima et des minima très irrégulièrement dis-

posés. Ainsi en 1932 nous trouvons le maximum en juillet avec 8 h. 26, le minimum en avril avec 5 h. 12 ; en 1933, maximum en août avec 7 h. 30, minimum en décembre avec 4 h. 51 ; en 1934, maximum en octobre avec 7 h. 58, minimum en mai avec 5 h. 06 ; en 1935, maximum en mai avec 7 h. 34, minimum en décembre avec 3 h. 45.

Encore faut-il considérer les nombres donnés par l'héliographe comme des maxima car l'existence de couches nuageuses très minces ne fait pas cesser l'enregistrement.

Si d'autre part nous considérons la fréquence, nous voyons qu'il y a en moyenne pour chaque mois :

| | | NOMBRE DE JOURS OU L'INSOLATION est comprise entre les limites suivantes : | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | De 0 à 3 h. | De 3 à 5 h. | De 5 à 8 h. | Plus de 8 h. |
| 1932 | Avril | 5 | 5 | 9 | 5 |
| | Mai | 1 | 4 | 7 | 19 |
| | Juin | 3 | 3 | 5 | 17 |
| | Juillet | 0 | 1 | 8 | 19 |
| | Août | 5 | 5 | 5 | 12 |
| | Septembre | 9 | 3 | 12 | 6 |
| | Octobre | 3 | 8 | 6 | 14 |
| | Novembre | 4 | 3 | 8 | 15 |
| | Décembre | 8 | 1 | 6 | 16 |
| 1933 | Janvier | 4 | 7 | 5 | 15 |
| | Février | 5 | 4 | 7 | 12 |
| | Mars | 8 | 5 | 5 | 13 |
| | Avril | 5 | 3 | 13 | 9 |
| | Mai | 4 | 3 | 10 | 14 |
| | Juin | 3 | 1 | 13 | 13 |
| | Juillet | 4 | 4 | 11 | 9 |
| | Août | 1 | 4 | 12 | 13 |
| | Septembre | 6 | 4 | 6 | 9 |
| | Octobre | 5 | 3 | 10 | 8 |
| | Novembre | | | | |
| | Décembre | 6 | 3 | 3 | 5 |
| 1934 | Janvier | » | » | » | » |
| | Février | 3 | 2 | 7 | 7 |
| | Mars | 1 | 5 | 6 | 14 |
| | Avril | 7 | 5 | 13 | 5 |
| | Mai | 11 | 1 | 7 | 10 |
| | Juin | 4 | 1 | 8 | 15 |
| | Juillet | » | » | » | » |
| | Août | » | » | » | » |
| | Septembre | 0 | 8 | 10 | 12 |
| | Octobre | 2 | 5 | 5 | 19 |
| | Novembre | 9 | 5 | 9 | 7 |
| | Décembre | 10 | 2 | 7 | 12 |
| 1935 | Janvier | 8 | 4 | 7 | 10 |
| | Février | 9 | 4 | 7 | 8 |
| | Mars | 2 | 5 | 10 | 14 |
| | Avril | 7 | 5 | 10 | 8 |
| | Mai | 5 | 0 | 8 | 18 |
| | Juin | 4 | 1 | 10 | 15 |
| | Juillet | 2 | 5 | 13 | 11 |
| | Août | 7 | 5 | 8 | 11 |
| | Septembre | 4 | 4 | 8 | 14 |
| | Octobre | 3 | 5 | 14 | 9 |
| | Novembre | 2 | 5 | 7 | 16 |
| | Décembre | 17 | 3 | 4 | 7 |
| 1936 | Janvier | 8 | 2 | 9 | 12 |
| | Février | 3 | 6 | 14 | 6 |
| | Mars | 3 | 4 | 14 | 10 |
| | Avril | 8 | 2 | 4 | 16 |
| | Mai | 6 | 1 | 13 | 11 |
| | Juin | 4 | 4 | 7 | 15 |
| | Juillet | 5 | 3 | 9 | 14 |
| | Août | 5 | 8 | 4 | 14 |
| | Septembre | 4 | 7 | 10 | 9 |
| | Octobre | 8 | 4 | 8 | 11 |
| | Novembre | 12 | 3 | 5 | 10 |
| | Décembre | » | » | » | » |

*Variation diurne de l'insolation.* — La variation diurne de l'insolation présente le plus souvent deux maxima : le plus important entre 8 et 10 heures, un second moins marqué de 14 à 15 heures. Un minimum généralement assez bien marqué de 12 à 13 heures.

*Nébulosité.* — Comme nous l'avons fait remarquer plus haut les courbes de la variation de la nébulosité et de l'insolation sont des courbes parallèles.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons pour ces dernières années et pour chaque mois le nombre de jours où le ciel a été clair (jours où la nébulosité est inférieure ou égale à 2) et le nombre de jours où le ciel a été couvert (jours pendant lesquels la nébulosité a été supérieure ou égale à 8).

| | NOMBRE DE JOURS DE CIEL CLAIR | | | | | NOMBRE DE JOURS DE CIEL COUVERT | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1932 | 1933 | 1934 | 1935 | 1936 | 1932 | 1933 | 1934 | 1935 | 1936 |
| Janv.. | » | 18 | 19 | 11 | 11 | » | 20 | 20 | 28 | 28 |
| Févr. | » | 11 | 4 | 11 | 16 | » | 24 | 20 | 25 | 25 |
| Mars . | » | 5 | 17 | 10 | 23 | » | 23 | 27 | 26 | 24 |
| Avril . | » | 4 | 17 | 12 | 18 | » | 23 | 28 | 22 | 22 |
| Mai .. | » | 17 | 17 | 19 | 21 | » | 21 | 12 | 12 | 23 |
| Juin . | » | 24 | 21 | 20 | 27 | » | 19 | 11 | 18 | 20 |
| Juil .. | » | 21 | » | 22 | 20 | » | 19 | » | 15 | 22 |
| Août . | » | 23 | » | 22 | » | » | 15 | » | 15 | » |
| Sept.. | » | 20 | 16 | 18 | » | » | 18 | 14 | 19 | » |
| Oct .. | 13 | » | 16 | 16 | » | 15 | » | 21 | 19 | » |
| Nov . | 15 | » | 8 | 23 | » | 20 | » | 26 | 22 | » |
| Déc .. | 16 | 9 | 9 | 8 | » | 22 | 22 | 30 | 26 | » |

Les renseignements donnés ci-dessus se rapportent à des observations faites de 6 à 18 heures, pour la nuit les renseignements sont plus rares, mais d'après le petit nombre d'observations que nous possédons, il est néanmoins possible d'assurer que le temps est généralement moins couvert pendant la nuit que pendant la journée. Pendant la nuit la transparence de l'atmosphère semble très grande et des étoiles très basses sur l'horizon sont nettement visibles.

*Humidité.* — L'humidité est assez élevée à Papeete ; dans le tableau suivant nous donnons les moyennes mensuelles de l'humidité relative pendant l'année 1935 :

| | HUMIDITÉ RELATIVE EN % | |
|---|---|---|
| | MOYENNE des minima | MOYENNE des maxima |
| Janvier..... | 56,2 | 96,4 |
| Février ..... | 66,4 | 95,6 |
| Mars ..... | 55,8 | 93,1 |
| Avril ..... | 59,2 | 93,0 |
| Mai ..... | 61,4 | 91,0 |
| Juin ..... | 57,7 | 89,9 |
| Juillet..... | 54,5 | 89,5 |
| Août ..... | 54,9 | 88,4 |
| Septembre ..... | 53,1 | 89,2 |
| Octobre ..... | 52,6 | 90,9 |
| Novembre..... | 57,2 | 90,6 |
| Décembre ..... | 65,0 | 91,4 |
| Moyenne ..... | 57,8 | 91,6 |

Le minimum d'humidité a lieu vers 13 heures, le maximum quelques heures après le coucher du soleil.

C'est probablement à cette grande humidité que doit être attribué la détérioration de certains appareils d'optique (théodolite, objectifs photographiques...). On remarque sur les lentilles composées de ces appareils, à la surface de contact de deux lentilles simples, de longs filaments partant de la périférie de la lentille. Ces filaments ressemblent à des moisissures et sont dirigés suivant des rayons. Ceux que nous avons observés avaient jusqu'à 1 centimètre de long. Cet inconvénient pourrait être sûrement combattu efficacement en recouvrant d'une couche de vernis convenablement choisi la partie de l'optique en contact avec le tube support.

Si l'on désire installer un observatoire astronomique à Tahiti il faudrait choisir un emplacement dans la région de Papeete, car c'est la région la plus sèche de l'île ; des terrains appartenant au Domaine National sont d'ailleurs disponibles sur des croupes très accessibles dominant Papeete. Aux îles Marquises on peut trouver des régions plus sèches qu'à Papeete et où la nébulosité est notablement plus faible, mais vu la difficulté des liaisons il semble qu'une telle solution soit à rejeter.

J. Ravet,
*Ingénieur-météorologiste des colonies.*

## II. Note au sujet de l'emplacement d'un observatoire en Nouvelle Calédonie

Le choix de l'emplacement d'un observatoire astronomique nous semble guidé par les conditions principales suivantes :

*Permanence du beau temps.* — Grande clarté de l'atmosphère auxquelles s'ajoutent : facilités d'accès, proximité d'un centre de population.

En s'appuyant sur ces considérations, en Nouvelle-Calédonie, la région de Nouméa nous paraît être l'une des plus favorables.

La presqu'île de Nouméa est située sur la côte ouest de l'île. Les hauteurs qui dominent la ville ont une altitude de 60 à 150 mètres et sont couvertes de niaoulis, de cactus et d'arbustes genre acacia ou simplement d'herbe sèche.

*Conditions météorologiques.* — La température moyenne de l'année est de 24°, avec maximum absolu de 36° en février et minimum absolu de 14° en août.

Les chutes de pluies annuelles donnent en moyenne 1.100 millimètres en 125 jours, c'est-à-dire qu'elles sont peu fréquentes.

Aucune saison des pluies n'est nettement marquée, bien que de légers maxima semblent apparaître en mars et juillet et un léger minimum en novembre.

De 1924 à 1930, nous avons connu deux saisons de cinq mois (d'août à janvier) sans une goutte d'eau.

La nébulosité moyenne est assez faible : 4,5. Les jours clairs c'est-à-dire où le ciel est couvert de 2/10 au plus sont très fréquents.

Normalement les nuages bas, entre 900 et 1.200 mètres, sont accrochés aux montagnes élevées vers le Nord et le Nord-Est. Au-dessus de la presqu'île de Nouméa et de l'île Nou, le ciel reste implacablement bleu pendant des semaines entières.

La visibilité presque toute l'année est remarquable autour de Nouméa sauf en février-mars et en juillet. La transparence de l'air est telle que l'on peut lire sans fatigue la nuit à l'époque de la pleine lune. Une chose qui nous avait frappés était la netteté de la disparition des étoiles derrière les collines éloignées dont la hauteur apparente est de quelques degrés seulement. On n'observe pas non plus cette « vase atmosphérique » qui, en beaucoup d'endroits, maintient les basses couches de l'atmosphère dans un état plus ou moins trouble. Ceci permet donc le choix d'un emplacement à faible altitude.

La région de Nouméa jouit d'un climat nettement sec. L'humidité relative moyenne oscille entre 60 et 75. La sécheresse de septembre à janvier est même souvent fort pénible. Un avantage considérable à cet état de chose, c'est que l'on n'a pas l'inconvénient, comme dans la plupart des pays tropicaux, de voir s'abimer les miroirs, glaces ou lentilles des appareils d'optique.

Je me suis servi de lunettes, dont on n'avait pris aucun soin, et qui étaient au lycée depuis plus de vingt ans sans trace d'altération sur les lentilles.

Le vent régnant souffle du Sud-Est ou du Sud-Sud-Est ; il est normalement de l'ordre de 5 à 6 mètres.

Il est vraisemblable que les caractères topographiques de la région aient une forte influence sur la turbulence et sur les mouvements tourbillonnaires de l'air. Les discontinuités physiques qui en résultent seraient peut-être susceptibles de nuire à la qualité des images astronomiques. Seule l'étude de ces phénomènes aux différents points envisagés pourrait montrer l'emplacement le moins perturbé.

*Emplacements.* — Les emplacements qui semblent à premier abord les plus favorables à l'installation d'un observatoire sont :

1° Sur la presqu'île de Nouméa, soient le Mont Coffin et ses environs au-dessus du quartier de l'orphelinat, soient les hauteurs du Ouen-Toro ;

2° Sur l'île Nou, soient les hauteurs situées entre le Camp central et le Camp Est (anciens camps pénitenciers), soient les hauteurs à l'extrémité Nord de l'île, La plupart de ces hauteurs sont occupées par d'anciens ouvrages militaires déclassés, sauf le Mont Coffin qui doit appartenir en partie à la ville, en partie à des particuliers.

Le Mont Coffin et les hauteurs avoisinantes qui sont entourés de plusieurs faubourgs assez agréables de la ville étaient encore inoccupés en 1930. C'est certainement le point à l'accès le plus commode parmi tous ceux proposés, il exigerait au plus une route de 350 à 400 mètres. C'est aussi l'emplacement le moins dégagé étant le moins élevé. L'horizon est borné, sauf vers l'Ouest et l'Est, par des collines ou montagnes éloignées de 4 à 30 kilomètres et dont la hauteur apparente est de 3 à 5°.

L'eau et l'électricité pourraient être amenées facilement à cet endroit.

Le Ouen-Toro, à l'extrémité de la presqu'île de Nouméa, est plus élevé que l'emplacement précédent.

Plus éloigné de la ville, il serait moins confortable pour le personnel : manque d'eau, difficulté de ravitaillement.

Les hauteurs situées sur l'île Nou présentent l'inconvénient d'être d'accès plus difficile puisqu'il faut traverser la rade de Nouméa, de plus l'eau courante y fait complètement défaut.

En résumé, si les caractères topographiques de la crête qui part du Mont Coffin le permettent, c'est certainement l'emplacement qui conviendrait le mieux pour un observatoire : proximité de la ville, du collège (500 m.), possibilité d'y faire arriver l'eau et le courant électrique sans grands frais.

Un inconvénient sur lequel nous ne pouvons malheureusement être précis serait peut-être les poussières du sol soulevées par le vent en période sèche, nous devons dire toutefois que leur effet n'a jamais attiré notre attention.

ROMER,
*Ingénieur-météorologiste des colonies.*

## III. **Choix dans l'Océan Indien d'une région favorable aux observations astronomiques**

*La Réunion.*— Cette île, en forme de cône, est toute l'année dans le domaine de l'alizé. Il ne peut être question de faire des observations sur les hauteurs, très fréquemment encapuchonnées de nuages.

La meilleure région serait le côté ouest, « sous le vent », où la saison sèche est bien marquée, la nébulosité très faible. Mais, pendant la saison chaude, cinq mois environ, les pluies y sont aussi abondantes que dans le reste de l'île, ainsi que la nébulosité.

Personnellement, nous pensons qu'on peut trouver beaucoup mieux à Madagascar.

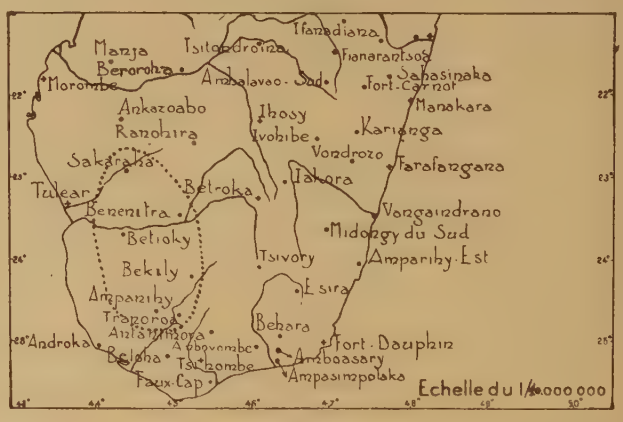
*Tananarive.* — Cette ville serait tentante, si l'on envisage le confort, les facilités de séjour, de ravitaillement, de réparations du matériel.

Mais, pendant la saison chaude, de novembre à fin avril, les pluies ont le caractère d'orages du soir, et la nébulosité nocturne est très forte. Seules les matinées sont claires.

*Sud-Ouest de Madagascar.* — C'est dans cette région, vraiment privilégiée au point de vue des intempéries, qu'on peut trouver les conditions les plus favorables de tout Madagascar et probablement de toutes les colonies françaises au sud de l'Equateur (Voir cartes p. 52).

La carte des pluies, à défaut d'une carte de nébulosité pour laquelle le réseau de stations est trop peu dense, guidera notre choix. Les pluies sont moins abondantes sur le littoral proprement dit ; mais l'alternance extrêmement régulière des brises de terre et de mer, fait du littoral une zone de brassage atmosphérique avec une nébulosité qui n'est pas négligeable, malgré la très faible quantité de pluie qui en résulte.

La région que nous avons encerclée dans la carte ci-dessous nous paraît préférable au littoral lui-même, comme étant à l'abri de l'influence marine directe.




En pointillé
emplacement de la région de Madagascar la plus favorable à l'établissement d'un observatoire astronomique

Par rapport au reste de Madagascar, les avantages sont les suivants :

1° La saison sèche y est non seulement exempte de pluie, mais aussi de nuages ; l'alizé marin, qui souffle du Nord-Est dans ces parages, n'y parvient qu'après avoir franchi plusieurs centaines de kilomètres sur terre, et des massifs montagneux étendus, où il s'est desséché. C'est alors un véritable foehn, le meilleur dissolvant des nuages. Pendant cette sai-

son, de mai à novembre, le ciel est non seulement clair, mais d'une pureté implacable ;

2° La saison des pluies s'y manifeste par des orages migrateurs, descendant généralement des plateaux où ils se forment, vers la mer. A l'opposé des orages des hauts plateaux, ils ne tournent pas en rond, mais se déplacent rapidement, la pluie et la nébulosité correspondantes sont de très courtes durée.

3° La mousson du Nord-Ouest, qui apporte un contingent important de pluies sur la moitié du Nord de Madagascar pendant la saison chaude, y est inconnue.

4° Les perturbations cycloniques y sont extrêmement rares, et jamais violentes. Une fois ou deux par an, au maximum, elles causeront une suite de quatre ou cinq jours avec ciel entièrement couvert.

5° Les perturbations par invasion d'air froid venant des mers du Sud n'y passent guère, ou n'y affectent que le baromètre et le thermomètre, sans y amener les pluies torrentielles du versant Est, ni la forte nébulosité à pluies faibles de l'extrême Sud.

6° Les brumes humides y sont inconnues ; les brumes sèches, moins rares, n'affectent que la visibilité horizontale, et n'y sont jamais denses. Les brouillards sont dus, non pas à des conflits entre masses d'air physiquement différentes, mais au seul rayonnement du sol, par nuits claires. Ils se forment vers la fin de la nuit, et ne survivent guère au lever du soleil. Leur épaisseur est très faible, et l'on a très rarement l'observation « brouillard » ; presque toujours, c'est : « bancs de brouillard dans les fonds ». C'est dire que ce genre de brouillard ne gênerait aucunement les travaux d'un observatoire placé sur une légère éminence.

A notre avis, les conditions techniques optima sont réunies par l'hinterland de Tuléar, entre Sakaraha et Betioky.

Pour le personnel, le climat très sec est sain ; la forte baisse nocturne de la température aide à supporter les températures assez élevées du jour.

Comme inconvénients, on doit signaler la pénurie de denrées d'épicerie et de légumes verts. L'observatoire devrait *absolument* être doté d'une auto ou camionette légère, permettant d'aller à Tuléar (100 km.) une ou deux fois par mois pour le ravitaillement, et les médicaments.

Betioky, Ampanihy, Sakaraha, sont des chefs-lieux de district, où réside en permanence un administrateur et un ou deux fonctionnaires européens ; la solitude n'est donc pas absolue. Ces localités sont rattachées au réseau télégraphique de la colonie ; le courrier postal par voie de terre les dessert une fois par semaine. A partir du deuxième semestre 1937, un service postal aérien, en correspondance avec la ligne postale aérienne France-Madagascar, desservira chaque semaine Tuléar et Betroka, mettant ces deux localités à 9 jours de Paris, dans les deux sens. Cette commodité n'est pas à négliger, pour le transport rapide des clichés photographiques et leur conservation pendant le transport. On doit signaler, en effet, que les soutes à bagages des navires, y compris les soutes des sacs postaux, connaissent de façon courante des températures de 60 et 70° centigrades, pendant la moitié de la traversée ; dans ces conditions, la double épreuve subie par le cliché à l'aller et au retour est un élément qui est loin d'être négligeable. L'existence d'un service postal aérien résout une difficulté qui, à elle seule, peut annuler tous les efforts déployés par ailleurs.

J. Thomas,
*Ingénieur-météorologiste des colonies.*

## NOTES ET INFORMATIONS

Monsieur **le Gouverneur Général Reste**, dans le discours qu'il a prononcé à la séance d'ouverture du Conseil d'administration de l'Afrique Equatoriale Française, a abordé, avec sa largeur de vue habituelle, l'ensemble des questions intéressant le Gouvernement général.

Parlant du problème de la météorologie, qui a longuement retenu son attention, il s'est exprimé en ces termes : « Mais il faut aussi apporter, aux vaillants équipages en vol, une protection en rapport avec les dangers particuliers à nos régions. C'est la tâche du Service Météorologique, tâche délicate s'il en est, et à l'exécution de laquelle apportent une attention soutenue les ingénieurs-météorologistes qui en sont chargés, ainsi que leurs collaborateurs de tous rangs et leur chef, M. Richard, que je félicite chaleureusement pour son zèle, sa science et son esprit d'organisation. »

Après avoir fait le point de l'effort accompli, M. le Gouverneur général Reste indique les améliorations

qu'il entend apporter à bref délai à l'organisation actuelle : notamment la construction du bâtiment de l'établissement central à Brazzaville, la création d'une station principale à Fort-Archambault, de postes avertisseurs de phénomènes dangereux à Mayumba, Impfondo et Gamboua, d'une station de sondages à Loukoléla, etc.

Par **décrets des 18 novembre 1936 et 16 janvier 1937** ont été titularisés dans leur emploi et nommés Ingénieurs-Météorologistes adjoints de 3e classe aux dates ci-après :

MM. Emon, Jean, 18 juillet 1936 ; Pruvost, Jean, 18 juillet 1936 ; Gouault, Jean, 18 juillet 1936 ; Molard, Pierre, 4 novembre 1936 ; Charlet, Lucien, 1er février 1937 ; Facy, Léopold, 2 juin 1937.

La **neige a été observée, à Port-Etienne** (Mauritanie), à 4.500 mètres de hauteur, au cours d'un voyage en avion, en avril 1936. Cette précipitation s'est traduite au sol par une pluie notable, exceptionnelle pour la saison et pour la localité (communication de M. l'Ingénieur-Météorologiste Picq).

Par **décret du 24 janvier 1937** M. du Chaxel, muni du certificat de Physique du Globe et ayant effectué une année de stage à l'Institut de Physique du Globe de Paris, a été nommé Ingénieur-Météorologiste adjoint de 3e classe des colonies et affecté à l'Afrique Occidentale Française.

## BIBLIOGRAPHIE

Savornin (André). — **Sur les possibilités de prospection magnétique à Madagascar** (*C. R. Ac. Sc.*, 1936, t. 202, p. 858).

Les prospections magnétiques rencontrent de très grandes difficultés dans l'île malgache dues :

1° A la présence de latérite à susceptibilité variable ;

2° A la correction de température très incertaine ;

3° A la variation diurne qui semble dépendre de la constitution géologique du sol et du climat de la région.

***

Platania (Giovanni). — **Alcune considerazioni sui maremoti** (Extrait des *Annali del R. Istituto Superiore Navale*).

Une certaine confusion existe dans la plupart des pays pour désigner les phénomènes dus aux séïsmes sous-marins. Déplorant cet état de choses, M. G. Platania, forme un vœu pour l'unification de la terminologie à employer, tout en constatant que les recherches relatives aux *raz de marée* sont devenues plus nombreuses. Les travaux entrepris au Japon et les documents publiés dans les *Annales de la Commission pour l'étude des raz de marée* permettront de résoudre les divers problèmes que soulèvent des phénomènes aussi complexes.

***

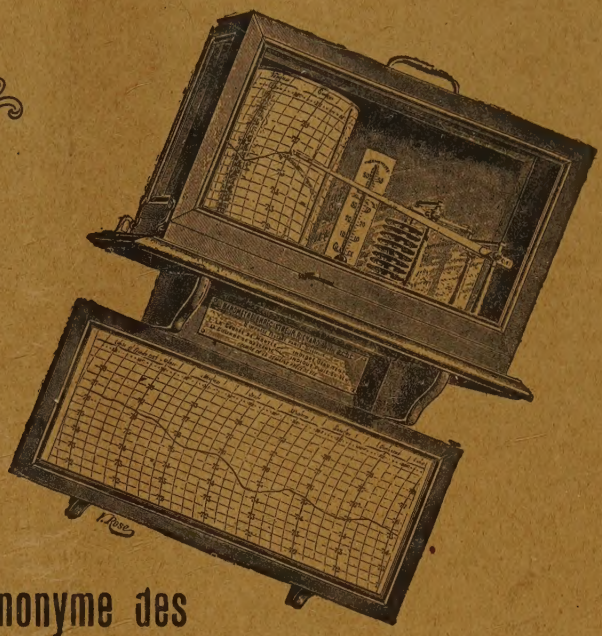
Lejay (R. P.). — **Etude des atmosphériques 1932-1935.** Observatoire de Zi-Ka-Wei : Notes de Météorologie physique.

Le nombre, par minute, de parasites atmosphériques subit une variation diurne très nette : un minimum généralement nul vers 6 heures du matin, un maximum de jour fort en été très faible en hiver, un second minimum vers 6 heures du soir et un second maximum, de nuit cette fois, très prononcé se produisant quelques heures après le coucher du soleil. Les sources d'atmosphériques sont toujours localisées sur le continent ou sont très faibles sur mer.

Quelques relations semblent exister entre les atmosphériques et la situation météorologique générale. En particulier, le passage des dépressions en formation donnerait une recrudescence de parasites, tandis que celui des dépressions occluses tendrait à les faire disparaître. D'autre part, les envahissements d'air polaire, au moment de la formation des anticyclones mobiles, seraient accompagnés d'un grand nombre de parasites de nuit, tandis que ces parasites disparaîtraient lorsque le centre de la zone de hautes pressions passe sur la région et s'éloigne vers l'Est.

*L'Éditeur-Gérant* : R. Pinardon.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1937



Société Anonyme des

# Etablissements Jules RICHARD

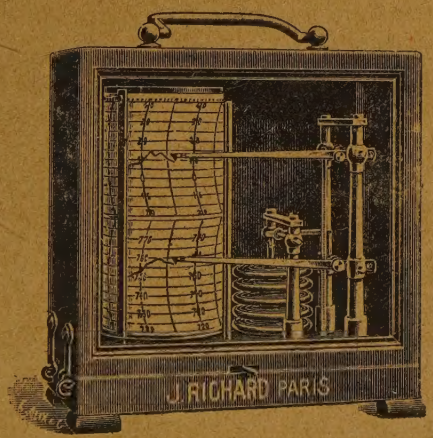
## 25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

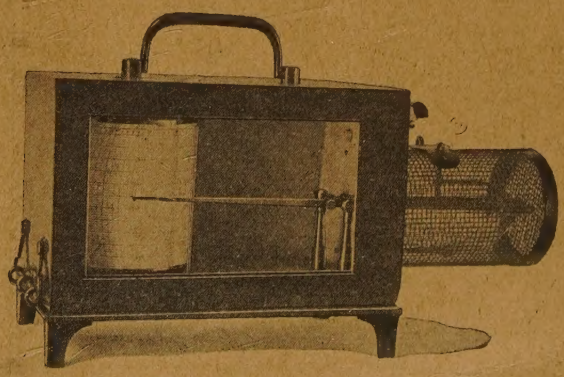
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

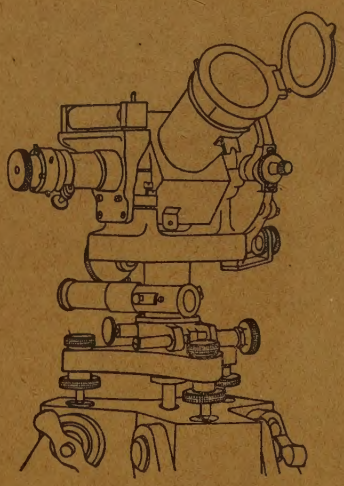
## INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie





A. BERTHELEMY ✿ - LORIEUX ✿ - PONTHUS ✿ et THERRODE ✿

# Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

**20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)**

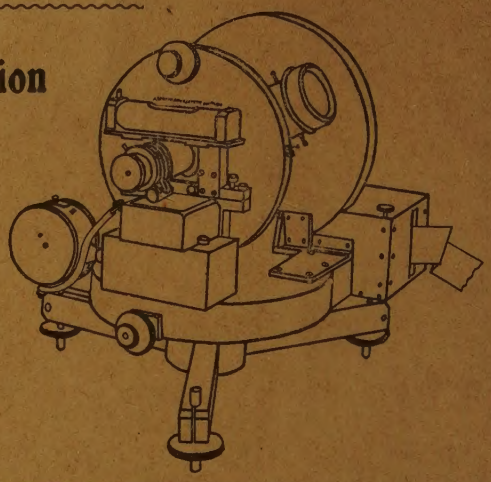
Tél. Alésia 26-37 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

## Instruments de Précision

pour

**— la Topographie, la Marine —**
**l'Aviation, la Météorologie, etc...**



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

## ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

## LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

## A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

## J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande


Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1937.